

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET

INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES



**Mémoire de fin d'études
en vue de l'obtention du diplôme de docteur veterinaire**

THEME :

**Traitement Alternatif Des Mammites
Etude Bibliographique**

Présenté par :

* AOURAIE DJILLALI

* HAFDI ARABI

Encadre par :

Mr. MOUSA AHMED

Année universitaire : 2016 – 2017

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail, fruit de mes années d'étude et de patience.

A celui qui m'a offert la vie et à ce que je dois réussir, source de sagesse, et de tendresse qui m'a appris le respect et le sens du devoir et qui a sacrifié le tout pour me voir heureux, A toi mon cher père.

A la prunelle de mes yeux celle qui m'a poussé moralement, à la femme qui est toujours fière de moi.

A toi ma chère mère.

A mes adorables frères

A mes belles sœurs.

A mon binôme qui a partagé avec moi ce travail: AOURAIE DJILALI.

A mes amis.

A toute la promotion 5^{ème} année Dr. vétérinaire 2016/2017

A tous ceux que j'ai oublié de mentionner leurs noms.

HAFDI ELARABI

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail, fruit de mes années d'étude et de patience.

A celui qui m'a offert la vie et à ce que je dois réussir, source de sagesse, et de tendresse qui m'a appris le respect et le sens du devoir et qui a sacrifié le tout pour me voir heureux, A toi mon cher père.

A la prunelle de mes yeux celle qui m'a poussé moralement, à la femme qui est toujours fière de moi.

A toi ma chère mère.

A mes frères

A mes sœurs.

A mon binôme qui a partagé avec moi ce travail : HAFDI ELARABI.

A mes amis.

A tous ceux que j'ai oublié de mentionner leurs noms.

AOURATIE DJILALI

REMERCIEMENTS

Au nom de Dieu, omnipotent, omniscient.

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à DIEU
pour la volonté, la santé et la puissance qui nous accordé
pour accomplir notre tache universitaire.*

Nous tenons à remercier en particulier :

*Notre promoteur Mr : MOUSSA AHMED qui a pris
tout le soin de nous orienter et nous faire part de ses
précieuses remarques*

*Surtout ses encouragements et sa disponibilité qui ont
grandement contribué à l'élaboration de ce mémoire*

*En fin, nous sentons redevable envers, nos chers parents
pour l'appui moral et matériel qu'ils nous ont fournit
durant notre formation*

SOMMAIRE

CHAPITRE I : Généralités sur les Mammites

I. Introduction.....	01
I.1. Définition de la mamelle.....	01
I.2. Rappel anatomique.....	02
I.3. Trayon.....	05
I.3.1. Anatomie du canal du trayon	05
I.3.2. Rôle du canal du trayon	06
I.4. Mammogénèse	06
I.5. Physiologie de lactation	07
I.5.1. Facteurs généraux	07
I.5.2. Facteurs liés à la mamelle	08
I.6. Lait	10
I.6.2. Composition du lait.....	10
I.6.3. Ejection du lait	12
I.6.4. Facteurs de variation de la composition du lait	12
I.6.4.1. Facteurs intrinsèques.....	12
I.6.4.2. Etat sanitaire.....	13
I.6.4.3. Facteurs extrinsèques	14
II.1. Etiologie.....	15
II.1.1. Germe	15
II.1.1.1. Germes contagieux	15
II.1.1.2. Germes de l'environnement.....	17
II.1.2. Vache	19
II.1.2.1. Hérité	19
II.1.2.2. Production.....	19
II.1.2.3. Age.....	19
II.1.2.4. Stade de lactation	20
II.1.3. Traite.....	20
II.1.3.1. Fonctionnement	20
II.1.3.2. Transmission entre les traites	21

II.1.3.3. Transmission pendant la traite	22
II.1.3.4. Hygiène de la traite.....	23
II.2. Pathogénie	24
II.2.1. Moyens de défense de la mamelle	24
II.2.1.1. Défenses naturelles	24
II.2.1.2. Défenses à médiation cellulaire.....	24
II.2.2. Déroulement du processus infectieux.....	25
II.2.2.1. Exposition de l'agent pathogène.....	25
II.2.2.2. Pénétration des micro-organismes.....	26
II.2.2.3. Mécanismes de défense	26
II.3. Dépistage des mammites	30
II.3.1. Mammites cliniques : l'épreuve du bol de traite	31
II.3.1.1. Symptômes fonctionnels.....	31
II.3.1.2. Symptômes locaux et généraux	32
II.3.2. Mammites subcliniques : les cellules du lait	33
II.3.3. Examen microbiologique du lait.....	35
III.1. Traitement	37
III.1.1. Traitement médical.....	37
III.1.2. Autres traitements	37
III.1.2.1. Argilothérapie.....	37
III.1.2.2. Phytothérapie.....	38
III.1.2.3. Oxygénothérapie	38
III.1.3. Différentes voies de traitement	38
III.1.3.1. Traitement par voie générale.....	38
III.1.3.2. Traitement par voie galactophore.....	38
III.2. Prophylaxie.....	39
III.2.1. Procédure de traite.....	39
III.2.2. Contrôle de l'environnement.....	41
III.2.2.1. Alimentation.....	41
III.2.2.2. Logement.....	41
III.2.2.3. Stalles et logettes	42
III.2.2.4. Litière	42
III.2.2.5. Ventilation.....	42

CHAPITRE II DES HUILES ESSENTIELLES CONTRE LES MAMMITES

I. Les traitements usuels antibactériens : antibiotiques et problème de l'antibiorésistance	43
1. Généralités.....	43
2. L'antibiorésistance	43
3. Les alternatives aux antibiotiques	44
3.1. Des règles d'hygiènes plus strictes	44
3.2. Une détection et une identification des microorganismes	44
3.3. Utilisation de nouveaux procédés : exemple de l'oxyde de zinc dans l'élevage porcin....	44
II Les huiles essentielles : une alternative aux antibiotiques en santé animale	47
A. Les huiles essentielles : généralités	47
1. Définition.....	47
2. Propriétés physiques	47
3. Structure chimique	48
B. Méthodes de production et d'extraction	48
C. Les huiles essentielles en santé animale	50
1. Les voies d'administration	50
2. Quelle posologie pour quelle pathologie en santé animale.....	51
II.1. Contrôle des mammites par l'aromathérapie.	52
II.1.1. Contexte et enjeux de l'action.....	52
II.1.2. Objectifs	53
II.1.3. Dispositif expérimental	53
II.1.4. Sélection des huiles.....	54
II.1.5. Le traitement	54
II.1.6. Test de l'efficacité du mélange	55
II.1.7. L'efficacité invitro	56
II.1.8. L'efficacité invivo.....	57
II.1.9. Conclusion	57
II.1.10. La sélection des huiles.....	57
II.1.11. L'analyse de l'efficacité antibactérienne.....	58
II.1.12. Résultat set commentaires	58
II.1.13. L'étude bibliographique.....	58
II.2.1. Aromathérapie	58

II.2.2. Résultats intéressants à prendre avec précaution	60
II.2.3. Les Protocoles De Traitements	61
II. 3.1. Protocole	63
II.3.2. Le suivi des mammites	65
II.3.3. Les résultats	65
II.3.4. Conclusion	67
II.4.1. Les huiles essentielles sont efficaces contre les mammites, mais il n'y a pas de recette unique..	68
II.4.2. Application en massage ou sur l'épi	69
II.4.3. Le trèfle hybride et le lotier corniculé	71
II.4.4. Maintenir une bonne alimentation phospho- potassique.....	71
II.4.5 La production laitière de la Nouvelle-Zélande face à l'environnement.....	71

CHAPITRE I

LISTE DES FIGURES

Figure	Titres	Page
01	La structure de la mamelle.	04
02	La sécrétion de l'ocytocine.	08
03	Mammite gangreneuse, phase d'état.	15
04	Les portes d'entrées des pathogènes.	17
05	Les sources de contamination.	19
06	Faisceau trayeur.	21
07	Contamination du canal du trayon par capillarité.	22
08	Différentes origines des germes qui contaminent l'extrémité et la peau du trayon.	22
09	Modes de transmission des bactéries d'un quartier infecté à un quartier sain de la même mamelle ou d'une autre mamelle.	23
10	Changements principaux de la structure du tissu alvéolaire provoqués par les mammites.	30
11	Epreuve du bol de traite.	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Titres	Page
01	Caractères physiques du lait cru.	11
02	La composition moyenne du lait de vache.	11
03	Les germes et leurs réservoirs	18

LISTE DES SCHEMAS

Schéma	Titres	Page
01	évolution de la glande mammaire pendant la vie génitale de la femelle	09

CHAPITRE II

LISTE DES FIGURES

Figure	Titres	Page
01	Schéma d'un alambic au cours d'une distillation par entrainement à la vapeur	49
02	Schéma de l'extraction des huiles essentielles par CO2 supercritique	50
03	application du mélange	55
04	Mammite clinique.	59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titres	Page
01	Exemples de différentes huiles essentielles utilisées en élevage	52
02	Dénombrements des bactéries à T24 h pour la souche Strepto	56
03	Aromathérapie - complexe d'HE	61
04	Aromathérapie - complexe d'HE	62
05	Aromathérapie - complexe d'HE	62
06	La sélection des huiles selon la bacterie (03 huiles)	64
07	étude suivie des mammites	66

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphe	Titres	Page
01	Méthodes de traitements des mammites utilisées par les 252 éleveurs bretons ayant répondu à l'enquête. 197/252 utilisent plusieurs méthodes pour traiter une mammite.	54

I. Introduction

Durement touché par les crises agricoles successives, le monde d'élevage s'oriente progressivement vers une production de qualité maîtrisée.

Les éleveurs laitiers doivent ainsi s'adapter à un contexte nouveau et difficile. A la fois pour satisfaire des demandes de qualités du lait, mais aussi pour maîtriser les coûts de production, la lutte contre les mammites est ainsi toujours d'actualité.

L'aromathérapie, l'art de soigner par les huiles essentielles, est devenue une science méthodique depuis qu'elle repose sur une classification de ces huiles selon leur capacité à lutter contre les bactéries. Il y a une vingtaine d'années, les docteurs Maurice Girault et Paul Belaiche ont mis au point l'aromatogramme, méthode comparable à l'antibiogramme, qui permet de déceler quelles sont les huiles essentielles les plus sur un germe donné.

Cette période faste de la phytothérapie a été interrompue en France par un décret de 1991 supprimant les remboursements de toutes les préparations magistrales, c'est-à-dire des médicaments préparés par le pharmacien selon une prescription établie par un médecin pour traiter le cas particulier de son malade.

Les mammites sont des inflammations de la glande mammaire d'origine infectieuse. Ainsi, suite à l'envahissement du quartier par des micro-organismes, l'infection se traduit parfois par des signes cliniques locaux parfois aussi, des signes généraux. Ces mammites sont dites mammites cliniques. Mais parfois elles passent inaperçues et les mammites sont dites sub-cliniques.

A fin de trouver des solutions spécifiques à chaque bactérie, leur identification dans les élevages est primordiale. Des mesures de lutte adaptées peuvent être ainsi mises en place.

Il est donc important de connaître l'épidémiologie d'une maladie pour la combattre efficacement. Son éradication, ou du moins une forte diminution de sa prévalence, passe obligatoire par des mesures de lutte raisonnées.

I.1. Définition de la mamelle

Les mamelles sont des glandes cutanées spécialisées, dont la fonction est de sécréter le lait. Elle constitue la plus remarquable des mammifères [1].

Chez la vache laitière, ce rôle a été détourné de son utilité première, et consiste à présent à produire d'importantes quantités de lait qui seront récoltées lors de la traite et affectées à la consommation humaine [2].

Les dimensions et le poids de celui ci varient beaucoup avec la race, les individus et l'état fonctionnel. En moyenne, les dimensions prises au niveau de sa base sont de l'ordre de 30 à 40 cm dans le sens crânio- caudal et de 18 à 25 cm d'un côté à l'autre. Le poids moyen s'établit au repos chez l'adulte entre 7 et 8 kg, mais il peut atteindre 25 kg sur des sujets de haute aptitude en période de lactation [1].

I.2. Rappel anatomique

La mamelle est une glande superficielle. Le canal inguinal met la mamelle en relation avec la cavité abdominale [7].

La mamelle de la vache se décompose donc en 4 parties ou quartiers, correspondant aux 4 glandes (2quartiers antérieurs et 2 quartiers postérieurs) : les quartiers postérieurs sont plus développés que les antérieurs et leurs trayons sont plus écartés que ceux des quartiers antérieurs ; les moitiés gauche et droite de la mamelle sont complètement séparées par une paroi fibreuse, le ligament suspenseur médian ; la séparation des quartiers antérieurs et postérieurs de chaque côté, est moins apparente et certains auteurs ont soutenu que des connexions latérales existaient entre eux ; mais des injections de colorants ont montré l'indépendance de chaque glande [10].

Les différents tissus de la mamelle sont :

- **La peau** : elle a essentiellement un rôle d'emballage. Elle n'intervient pas ou peu dans le support de la mamelle .Elle doit être souple [7].
- **Le tissu elastico -musculaire** : composé de ligaments suspenseurs, il attache la mamelle à la paroi abdominale par :
 - *deux ligaments latéraux ;
 - *un ligament médian.

Ces ligaments doivent être puissants pour tenir les mamelles pleines de lait (quelque fois plus de 20 à 30 kg) ; si non, les mamelles décrochent, ce qui est une cause importante de réforme chez les vaches encore jeunes [7].

- **Le tissu conjonctif** : il doit être peu important, si non il prend la place du tissu élastique. Entre deux traites, le lait produit est stocké pour 40% dans les espaces naturelles et pour 60% dans les espaces gagnés grâce à l'élasticité des tissus. Une diminution plus forte et plus rapide et par conséquent une diminution de la quantité de lait sécrété entre deux traites [7].

• **La glande mammaire** : formée de tissu glandulaire, elle présente à la coupe un aspect poreux et spongieux dû au grand nombre de vaisseaux sanguins et lymphatiques, et de canaux excréteurs qu'elle contient. On peut y observer [5].

Les lobes glandulaires : formés de grappes de lobules ou acini, petites sphères de 100 à 500 microns de diamètre, et qui comprennent de l'intérieur à l'extérieur :

* Des cellules épithéliales de forme conique, sécrétant le lait par un mécanisme de division et d'excrétion.

* Une membrane basale ; où sont en quelque sorte fixées les cellules sécrétrices.

* Un maillage externe entourant l'acinus comme un filet entoure une orange. Ce maillage est fait de fins capillaires artériels et veineux, et de fibres musculaires lisses contractiles formant le « panier de Boll ». En se contractant, ces fibres presseront l'acinus pour en chasser le lait vers les canaux [5].

Les canaux excréteurs : ils forment une arborisation touffue où l'on distingue, des plus fins canaux aux plus larges :

- Les canaux intra-lobulaires, puis intra-lobaires.
- Les canaux galactophores ou lactifères.
- Le sinus galactophore ou bassinnet.
- Le canal du trayon.
- Le méat du trayon [5].

Les vaisseaux et les nerfs

Le débit sanguin de la mamelle est de 3 à 5 fois supérieur pendant la lactation à ce qu'il est durant la période de tarissement. Le système veineux surtout est très développé.

Les réseaux artériels et veineux comprennent :

- Deux artères mammaires.
- Un réseau veineux sous-cutané.

Un réseau lymphatique complète le réseau sanguin.

Le système nerveux de la mamelle est surtout composé de fibres sensibles, il n'existe pas de nerf moteur mammaire : le fonctionnement mammaire est commandé par des mécanismes hormonaux [5].

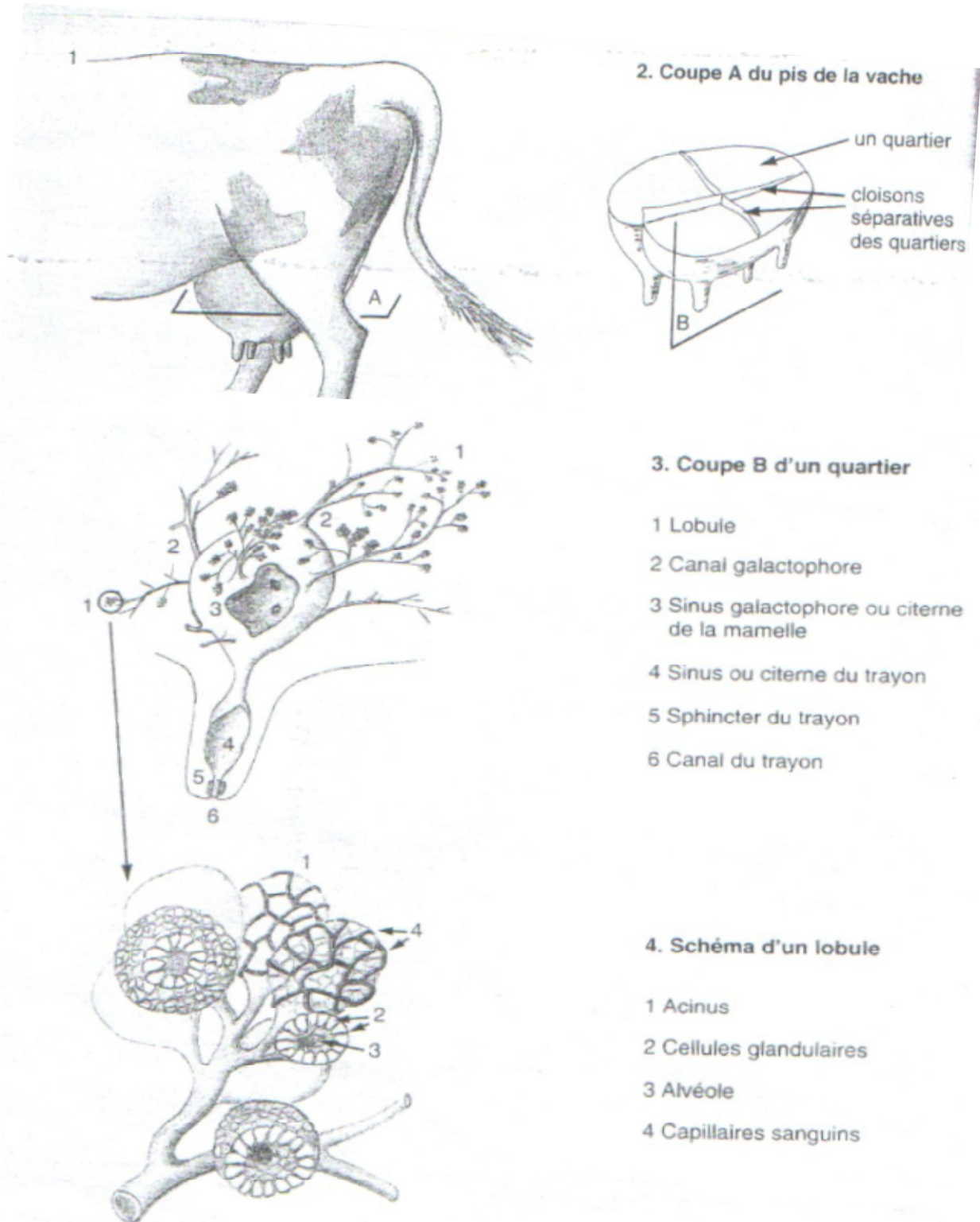


Figure 1. La structure de la mamelle [9].

I.3. Trayon

Le trayon ou papille mammaire est occupé, en grande partie, par le sinus lactifère qui comporte une partie papillaire et une partie glandulaire. Ce sinus lactifère communique avec l'extérieur par un conduit papillaire : le canal du trayon [6].

I.3.1. Anatomie du canal du trayon

Le canal du trayon est un très court conduit entre la partie creuse du trayon (le sinus) et l'extérieur. Il mesure environ 1 cm de long et 0,4 mm de diamètre dans sa partie moyenne et basse.

Il est composé de trois structures importantes : un sphincter, des replis et une couche de kératine sur sa paroi interne.

- **Sphincter** : A son extrémité, le canal du trayon est refermé par un muscle circulaire élastique : le sphincter du trayon.

Au moment de la traite, ce sphincter se relâche et permet une dilatation maximale du canal du trayon. Sa fermeture complète se réalise seulement deux heures après la traite ; ceci suggère l'application d'une mesure de prévention vis-à-vis des mammites d'environnement qui consiste à éviter le couchage des animaux juste après la traite (en leur distribuant une ration alimentaire par exemple).

D'autres facteurs peuvent aussi diminuer l'herméticité du sphincter : lésions de l'extrémité du trayon (verruques, blessures liées à un mauvais réglage de la machine à traire, traumatisme), troubles métaboliques (fièvre de lait, acétonémie, alcalose, acidose), œdème mammaire important, âge de l'animal [6].

- **Replis internes** : La surface interne du canal du trayon est organisée en de nombreux replis. Lorsque ces parois se rapprochent sous l'action du sphincter, les replis s'imbriquent les uns dans les autres, formant un obstacle physique à la progression des germes [6].
- **Kératine** : La paroi du canal du trayon est imprégnée dans sa couche superficielle d'une substance appelée Kératine.

Celle ci forme une structure très anfractueuse et permet de capter les bactéries ayant pénétré dans le canal du trayon [6].

I.3.2. Rôle du canal du trayon

De nombreuses constatations et expérimentations démontrent l'importance du canal du trayon dans la défense de la mamelle :

- Les vaches infectées par des germes ont, en moyenne, un canal du trayon de diamètre plus élevé.
- De même, l'existence d'un canal du trayon plus court et de diamètre, en moyenne, plus réduit va de pair avec des comptages cellulaires élevés.
- Les mamelles ayant des lésions aiguës du canal du trayon (trayon traumatisé ou restant béant, laissant le lait s'écouler) présentent des taux d'infection plus élevés.

La Kératine est un des principaux piliers des défenses mammaires : la kératine est constituée par une couche de lipides, d'acide gras et de protéines qui ont, entre autres, une activité antimicrobienne vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* et de *Streptococcus agalactiae* [6].

I.4. Mammogenèse

La vache laitière ne naît pas tout équipée d'une mamelle fonctionnelle. Celle-ci subit au cours de la vie de l'animal un certain nombre de périodes de développement, d'abord au cours de la vie embryonnaire, puis de la croissance et des gestations successives. La mamelle apparaît pendant la vie embryonnaire et les trayons, sinus et canaux se différencient à partir de la 16^{ème} semaine de gestation. Puis, l'évolution est très discrète jusqu'à la puberté : la période pré-pubère se caractérise par une croissance lente de la mamelle, qui concerne essentiellement le tissu adipeux et le tissu conjonctif. Ces tissus de « remplissage » vont cependant lui permettre d'atteindre sa forme définitive à l'approche de la puberté [2].

Après la puberté, le développement de la mamelle dépend de l'activité sexuelle de la femelle. En l'absence de gestation, on observe une évolution cyclique de la mamelle, avec prolifération des acini durant le post-oestrus. Lors de la gestation, le développement est réduit jusqu'au 4^{ème} mois. A partir du 4^{ème} mois, le tissu épithélial se développe, puis le tissu glandulaire, au 5^{ème} ou au 6^{ème} mois. Le liquide sécrété se transforme peu à peu en colostrum. Quelques jours avant le vêlage, on peut observer une montée laiteuse. Pendant la lactation, la mamelle continue à se développer durant les deux premiers mois, puis les acini régressent et le tissu alvéolaire est détruit à la fin de la lactation. Lorsque la femelle entre dans un nouveau cycle de reproduction, une nouvelle structure alvéolaire se différencie.

Cependant, pour obtenir une nouvelle lactation optimale, il est nécessaire de tarir la femelle en fin de gestation : l'absence de tarissement s'oppose à une disparition complète des alvéoles mammaires existantes et à une formation optimale de nouvelles alvéoles. Lors du vieillissement, les acini disparaissent progressivement, laissant seulement des canaux galactophores plus ou moins atrophiés.

La croissance de la glande mammaire s'effectue sous contrôle hormonal : la folliculine, sécrétée par les ovaires et le placenta, induit le développement de la mamelle, tandis que la progestérone sécrétée par le corps jaune, induit celui des acini [3].

I.5. Physiologie de lactation

On appelle lactopoïèse ou lactogénèse cette synthèse intra-cellulaire du lait et son passage de l'épithélium à la cavité de l'acinus.

Pendant la lactation l'entretien de la sécrétion lactée, sa stimulation physiologique (galactopoïèse) et l'éjection ou évacuation du lait (excrétion lactée) dépendent de facteurs neuro-hormonaux.

La prolactine avec un « complexe hormonal lactogénique » (ACTH, hormone de croissance,...) entretiennent cette sécrétion lactée [11].

Durant la gestation, il semble que les taux élevés d'oestrogènes et de progestérone empêchent la sécrétion de prolactine, d'où une inhibition de la sécrétion lactée. La chute brutale du taux de ces hormones après le vêlage permet la sécrétion de prolactine et donc le déclenchement de la lactation [7].

L'excrétion lactée, quant à elle, est déclenchée par un réflexe neuro-hormonal provoqué par la succion du trayon ou du mamelon. Cette excitation mécanique, grâce aux voies efférentes gagne les centres nerveux et l'hypothalamus qui sécrète l'ocytocine. Cette hormone assure la contraction des cellules myoépithéliales entraînant la vidange des acini [11].

La sécrétion lactée est sous la dépendance de deux catégories de facteurs :

I.5.1. Facteurs généraux

Tels que la génétique, l'environnement « alimentation, microclimat, etc.) et les agents pharmacodynamiques éventuels (protéines iodées par exemple).

I.5.2 Facteurs liée à la mamelle

Ces facteurs conditionnent la sécrétion de prolactine hypophysaire. Cette sécrétion est due à un réflexe neuro-hormonal dont le point de départ est mamelonaire (stimulation par la traite ou succion du veau). Il faut donc chercher des conditions favorables à cette sécrétion à travers une bonne conduite de la traite (préparation de la mamelle, rapidité et bonne finition de la traite) [7].

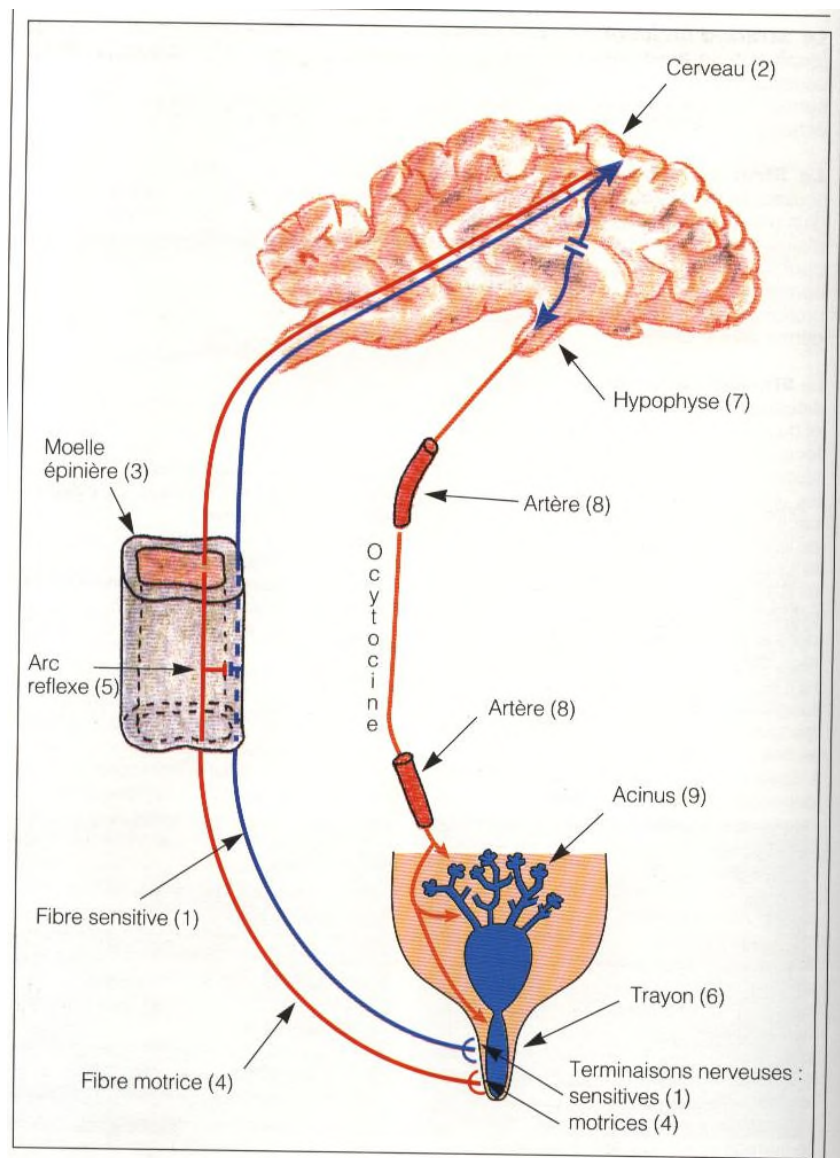


Figure 2 : La sécrétion de l'ocytocine [6].

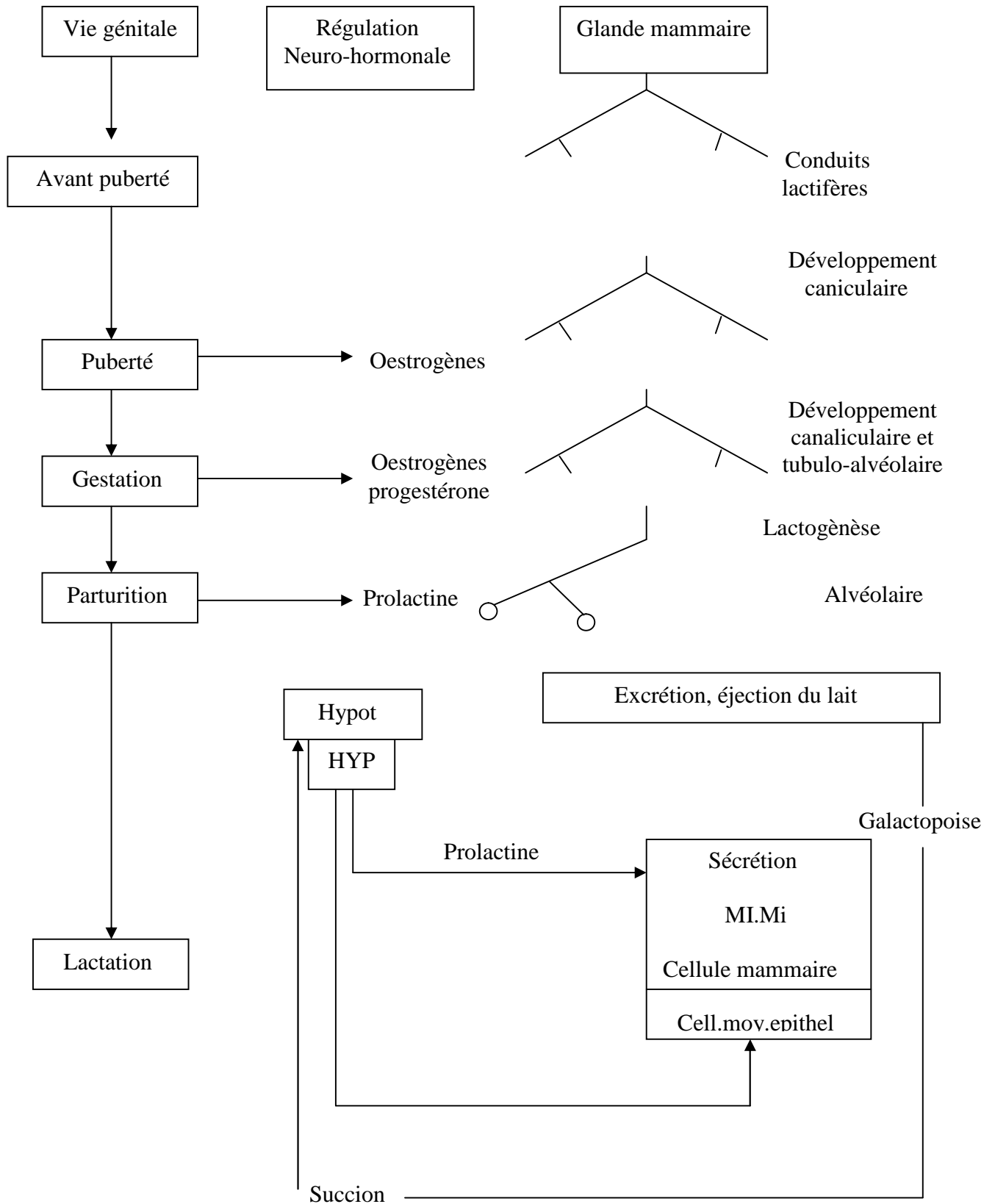


Schéma 01 : évolution de la glande mammaire pendant la vie génitale de la femelle 5 [11].
 HYPOT ; hypothalamus, HYP ; hypophyse, MI ; mitochondries, Mi ; microsomes.

I.6. Le lait

I.6.1. Définition du lait

Le lait, produit de la glande mammaire, constitue l'aliment des jeunes mammifères de la naissance au sevrage.

C'est un liquide opaque, blanc mat, constitué d'un certain nombre d'éléments en solution ou en suspension dans l'eau et prélevés dans le sang. Il contient également, de façon tout à fait normale, des cellules d'origine mammaire et des bactéries.

Le lait est un produit naturel fragile et altérable qui, selon la définition établie par le congrès international de la répression et des fraudes alimentaire de Genève, en 1908, est : « produit intégral de la traite complète et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée » [3].

I.6.2. Composition du lait

Le lait est blanc, car il renferme des caséines. Les micelles des caséines absorbent toutes les longueurs d'onde de la lumière de sorte qu'aucune couleur de l'arc en ciel ne prédomine, le bêta-carotène, qui se trouve dans la matière grasse, peut parfois donner une teinte jaunâtre au lait et à la crème.

Sur le plan organoleptique, le lait est un liquide blanc opaque, blanc mat, plus ou moins jaunâtre selon sa teneur en bêta-carotène. Il a une odeur plus marquée mais caractéristique. Son goût, variable selon les espèces animales est agréable et douceâtre [8].

Physiquement, le lait est un milieu aqueux caractérisé par différentes phases se différenciant par la taille des particules qui les composent. Sa densité (3% de matière grasses) est à 4°C de 1,0295g/ml. La solution aqueuse vraie renferme des albumines et globulines, des minéraux tels le phosphate tricalcique et des micelles de caséine associées au calcium, des globules gras (1-8 μ) entourés d'une membrane lipoprotéique, et les microorganismes, essentiellement constitués de bactéries [8].

Le PH du lait de vache est, à 20° C, compris entre 6,5 et 6,7, un lait mammitieux est basique (PH>7) et le colostrum a un PH voisin de 6. Le pH peut être mesuré au moyen d'un PH mètre ou par une méthode colorimétrique au moyen d'un indicateur de PH tel le pourpre de Bromocrésol (Hotis test), le bleu de bromothymol ou l'alizarine sulfonates de soude.

La conductivité du lait se trouve modifiée par la baisse de la concentration du lactose et l'élévation de celles des ions Na^+ et Cl^- . Ces modifications sont observées en cas de mammitite [8].

Tableau 1: Caractères physiques du lait cru [8].

	Caractère normal	Caractère anormal
Couleur	Blanc mat Blanc jaunâtre Lait riche en crème	Gris jaunâtre : lait de mammitite Bleu, jaune, ... : lait coloré par des substances chimiques ou des pigments bactériens
Odeur	Odeur faible	Odeur de putréfaction de moisi, de rance
Saveur	Saveur agréable	Saveur salée : lait de mammitite Goût amer : lait très pollué par des bactéries
Consistance	Homogène	Grumeleuse : mammitite Visqueuse ou coagulée : pollution bactérienne

Chimiquement, le lait est une solution aqueuse complexe de matières azotées, de lactose, de sels minéraux et de vitamines, contenant une émulsion stable de matières grasses [4].

Tableau 2: Composition moyenne du lait de vache [9].

Composants	Teneurs (g/L)
• Eau	902
• Glucides (presque essentiellement représenté par le lactose)	49
• Matières grasses	
• Protéines : caséines	38
• Protéines solubles	26
• Sels	6
• Autres substances	9
	1,5

Ce tableau ne nous révèle pas la composition foisonnante de chaque groupe. Ainsi pour ne parler que des protéines, on dénombre quatre caséines. Quant aux matières grasses, ce sont des centaines de molécules de glycérides. Il donne des teneurs moyennes. Celles-ci varient en effet d'un individu à l'autre et en fonction de nombreux facteurs parmi les quels le stade de lactation et l'alimentation. Ajoutons que tous ces composants sont dispersés dans l'eau sous forme de corpuscules aux multiples dimensions : gros globules de matières grasses, micelles de caséines moins volumineuses et, plus petits encore, molécules indépendantes de lactose et ions séparés de nombreux sels [9].

I.6.3. Ejection du lait

Au fur et à mesure qu'elle filtre les matériaux du sang et qu'elle synthétise de nouvelles substances, la cellule sécrétrice se remplit ; le lait élaboré s'accumule dans sa partie dirigée vers le centre de l'acinus. Eau, ions Na^+ , Ca^{+2} , Cl^- , petits agrégats de β -Lactoglobuline, micelles de caséines, globules gras, etc. Sont rejetés et tombent dans l'alvéole qui se remplit. Le lait s'accumule dans les divers canaux et cavités de la mamelle au cours de la période qui sépare deux traites. La pression du lait dans les acini s'accroît. L'expulsion des globules gras par les cellules lactogènes est freinée ; seules les particules de dimension plus faibles sont en mesure de les quitter. Dès que la pression dans les alvéoles devient égale à celle du sang, l'éjection du lait s'arrête [9].

Au moment de la traite, citernes et canaux commencent de se vider. Les cellules glandulaires peuvent à nouveau évacuer des globules gras. L'expérience montre que la teneur en matière grasse du lait augmente du début à la fin de la traite. Une traite incomplète donne un lait partiellement écrémé [9].

I.6.4. Facteurs de variation de la composition du lait

Parmi les facteurs de variation, on distingue des facteurs liés à l'animal, qualifiés d'intrinsèques, et des facteurs liés au milieu, qualifiés d'extrinsèques [3].

I.6.4.1. Facteurs intrinsèques

On peut différencier des facteurs génétiques (race, individu), des facteurs physiologiques (âge, numéro de lactation, stade de lactation, niveau de production) et des facteurs liés à l'état sanitaire de l'animal (maladie générale, mammite, stress). Cependant, dans la pratique, il est souvent difficile de dissocier les facteurs de variation les uns des autres [3].

- **Facteurs génétiques**

Ils sont particulièrement bien connus pour les femelles productrices de lait de consommation et sont responsables de variations importantes du taux butyreux et du taux protéique [4].

- **Facteurs physiologiques**

Au cours de lactation, les quantités de matières grasses, de matières azotées et de caséines évoluent de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite. Les taux de matière grasse et de matière azotée, élevés au vêlage, diminuent au cours du premier mois et se maintiennent à un niveau minimal pendant le deuxième mois. Ils amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement. L'amplitude de variation est généralement plus importante pour le taux butyreux que pour le taux protéique.

Par ailleurs, les caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés sont identiques à celles des laits de fin de lactation. Les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives [3].

I.6.4.2. Etat sanitaire : mammites

Les stress et les lésions du pis, provoquant une rétention lactée, peuvent modifier la composition chimique du lait.

Une mammite est une inflammation d'un ou de plusieurs quartiers de la mamelle, due à la présence d'un ou de plusieurs types de microorganismes.

Les principaux facteurs prédisposant sont : une mauvaise hygiène lors de la traite et l'utilisation d'un matériel de traite défectueux ; des traumatismes et des blessures du pis ; les conditions de vie de l'animal ; la rétention lactée. La plupart des mammites ne sont pas visibles ; on observe une augmentation des globules blancs du lait. Les mammites cliniques ne présentent que 2 à 5 % des cas en France. Elles sont le signe d'une évolution grave de l'infection. On observe une modification de la mamelle traduisant l'inflammation (douleur, chaleur, rougeur) et une modification de l'aspect du lait (grumeaux, sérum, ...). La première conséquence de cet état est la diminution de la quantité du lait produite. Une mammite provoque également une modification de l'aspect du lait et sa composition chimique. On note en outre, la présence de germes et d'antibiotiques, après traitement de la mammite. Les possibilités de transformation du lait sont alors modifiées. Plus la mammite est grave, plus la composition du lait se rapproche de celle du plasma sanguin. La mamelle lésée se comporte comme un organe d'élimination : il y a diminution des molécules élaborées et

augmentation des molécules filtrées. Le lait d'une vache atteinte de mammite ne doit être ni commercialisé ni consommé, d'où une perte pour le producteur [3].

I.6.4.3. Facteurs extrinsèques

L'alimentation et le climat sont les principaux facteurs du milieu agissant sur la composition du lait. Ces facteurs ne sont d'ailleurs pas indépendants l'un de l'autre. En effet, le climat modifié la végétation et donc l'alimentation des animaux [3].

- **Alimentation**

Ces facteurs sont susceptibles de modifier, d'une façon notoire, les teneurs en lipides, en protéines et en vitamines liposolubles du lait. En revanche, ils sont sans effet sur la teneur en lactose et en matière minérales [4].

- **Climat**

Les principaux composants du climat sont la température, l'humidité et la durée du jour. Les effets de la température sont difficiles à isoler. En effet, l'action déprimante des fortes chaleurs sur la production est due en grande partie à une diminution de l'ingestion et à une augmentation de l'évaporation pulmonaire. Le lait de vache de pays tempéré produit en milieu chaud contient moins de matière grasse, de matière azotée et de lactose [3].

II.1. Etiologie

La cause d'apparition des mammites résulte de l'interaction de trois éléments: le microbe, la vache et le terrain [21].

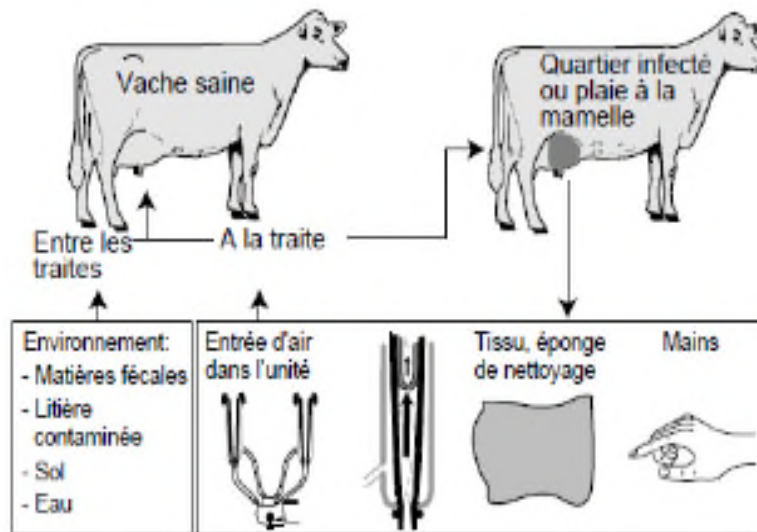


Figure 03: les sources de contamination

II.1.1. Germe

On peut retrouver sur et dans le pis de la vache un grand nombre de microorganismes. Watts (1988) a identifié 137 espèces et sous espèces de microbes qui peuvent être associés à la glande mammaire de la vache.

Les plus fréquemment rencontrés, ceux qui causent environ 90% des mammites. On distingue les microorganismes contagieux et les microorganismes environnementaux [23].

II.1.1.1. Germes contagieux

Les cas de mammites cliniques à la suite d'une infection de la glande mammaire par ces bactéries sont rares, mais la présence de vaches avec des hauts comptages de cellules somatiques (mammites subcliniques) est une présentation plus fréquente [24].

- *Streptococcus agalactiae*.

Streptococcus agalactiae est un déclencheur courant de la mammite dont l'éradication d'un troupeau donné est à la fois pratique et rentable. La plupart des vaches infectées présentent peu de signes cliniques, comme la production d'un lait anormal, mais ont habituellement des comptes élevés de cellules somatiques.

Une baisse de la production laitière accompagne presque toujours l'infection. On peut soupçonner la présence d'une mammite à *Streptococcus agalactiae* dans un troupeau lorsque les comptages de cellules somatiques des vaches ou du lait en vrac commencent à

grimper et demeurent élevées, surtout lorsque le comptage du lait en vrac atteint 1000 000 de cellules par ml ou plus.

A l'occasion, un comptage élevé du lait en vrac surviendra lorsque le pis de vaches infectées excrète de grands nombres de bactéries *Streptococcus agalactiae* dans le lait. *Streptococcus agalactiae* infecte principalement la citerne et les conduits de la glande mammaire. Un irritant est produit, causant une inflammation de la glande qui est plutôt subclinique mais qui peut, à l'occasion, présenter des symptômes cliniques.

L'accumulation de déchets bactériens intensifie la réponse inflammatoire, provoquant la destruction de tissu lactifère et entraînant une agalactie, c'est-à-dire une réduction de la production laitière. *Streptococcus agalactiae* cause rarement une maladie grave, mais la formation d'un tissu cicatriciel abondant dans un quartier peut rendre ce dernier improductif lors des lactations subséquentes [34].

- ***Staphylococcus aureus*.**

Staphylococcus aureus est plus difficile à éradiquer que *Streptococcus agalactiae*, mais peut définitivement être maîtrisée.

Les pis infectés sont la principale source d'infection. L'organisme colonise facilement les lésions cutanées du trayon de même que le canal du trayon et atteint éventuellement la glande mammaire.

L'organisme peut aussi survivre ailleurs dans la vache hôte. La mammite à *Staphylococcus aureus* est plus dommageable pour les tissus lactifères que *Streptococcus agalactiae* et entraîne une réduction de la production de l'ordre de 45% par quartier et de 15% par vache infectée. La récurrence d'une mammite clinique peut sévère entraîne souvent d'autres pertes.

On ne voit habituellement pas de comptes bactériens élevés dans le réservoir à lait en présence de la mammite à *Staphylococcus aureus*. Toutefois, à mesure que le nombre de vaches infectées augmente, les comptages de cellules somatiques du réservoir à lait augmentent, indiquant une diminution de la qualité du lait.

Les troupeaux dont les comptes de cellules somatiques dépassent la fourchette de 300 000 à 500 000 cellules/ml ont souvent une forte prévalence de quartiers infectés par *Staphylococcus aureus*. Les bactéries attaquent les conduits lactifères et établissent des foyers d'infection profondément ancrés dans les tissus sécréteurs qui mènent à la création d'un abcès et du confinement des bactéries par le tissu cicatriciel [34].

II.1.1.2. Germes de l'environnement

Les micro-organismes environnementaux ne sont que de passage sur le trayon. Leurs présences reflète plutôt un haut niveau de contamination du sol, de la litière, de l'eau par du fumier surtout [23].

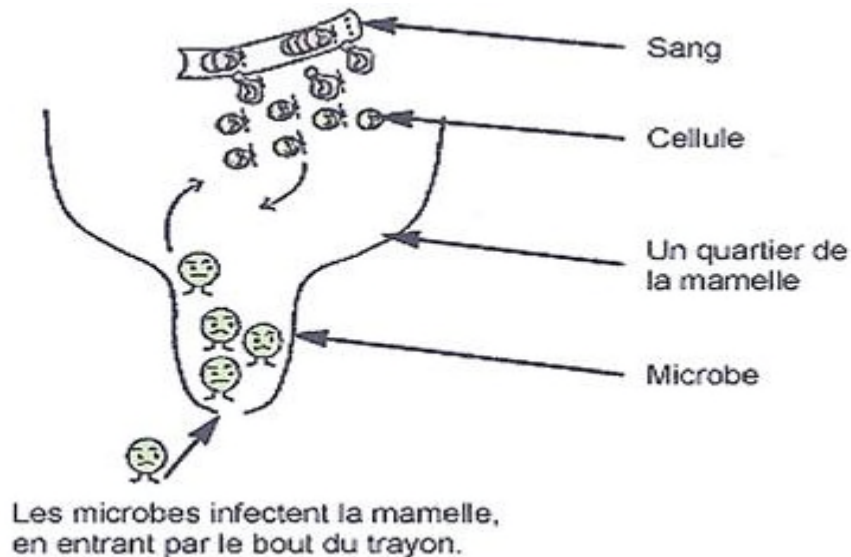


Figure 04: les microbes infectent la mamelle en entrant par le bout du trayon.

- **Coliformes (*Escherichia coli* et *Klebsiella Spp.*)**

Les mammites dues aux coliformes ont été signalées de temps à autre

Mammite généralement sporadique, évoluant essentiellement sous forme aiguë, parfois paraplégique, surtout en période chaude [27].

- ***Streptococcus Spp* (*S. uberis* ou *S. dysgalactiae*)**

Ces infections sont dues à l'exposition du trayon à l'environnement

Après la traite et à la contamination de la peau du trayon entre les traites. La plupart des infections Streptococciques environnementales durent 14-30 jours. Environ 50% d'entre elles deviennent cliniques et peuvent répondre à un traitement intra-mammaire avec des β -lactamine [19].

- **Actinomyces**

Plutôt accusées dans les mammites d'été. Les mouches et moucheron piqueurs en sont les vecteurs supposés.

Les animaux pâturent les parcelles boisées proches des points d'eau et certains terroirs de montagne y sont particulièrement exposés [28].

Tableau 03: Les germes et leurs réservoirs [12].

Micro-organisme	Réservoirs				
	Vaches			Environnement	
	Mamelle infectée	Lésions trayons	Autres sites	Litières	Autres sites
Staphylocoque doré	+++	+++	+	-	-
Streptocoque agalactiae	+++	-	-	-	-
Streptocoque dysgalactiae	++	++	+	ζ (1)	-
Streptocoque uberis	++	+	++	+++	-
Actinomyces pyogènes	ζ	-	+	-	++
Colibacille	+	-	++	+++	-
Pseudomonas Sp	ζ	-	-	-	++
Klebsiella Sp	ζ	-	-	++	-

(1) ζ : peu fréquent.

II.1.2. Vache

II.1.2.1. Hérité

Il s'est fait beaucoup de recherches dernièrement sur l'influence des facteurs héréditaires sur la susceptibilité à la mammité.

Les différentes races de bovins laitiers ne sont pas toutes également susceptibles à la mammité. Les grosses productrices ont plus tendance à être atteintes. La sélection dirigée uniquement vers la production laitière est sans doute un facteur important dans le fait que la fréquence des mammites soit plus haute [23].

II.1.2.2. Production

Comme pour toutes les grandes maladies, on accuse les vaches grandes productrices d'être plus sensibles, ce qui n'a jamais été démontré ; par contre, les vaches grandes productrices sont toujours des vaches à traite rapide avec un fort diamètre du trayon, ce qui facilite la pénétration microbienne [21].

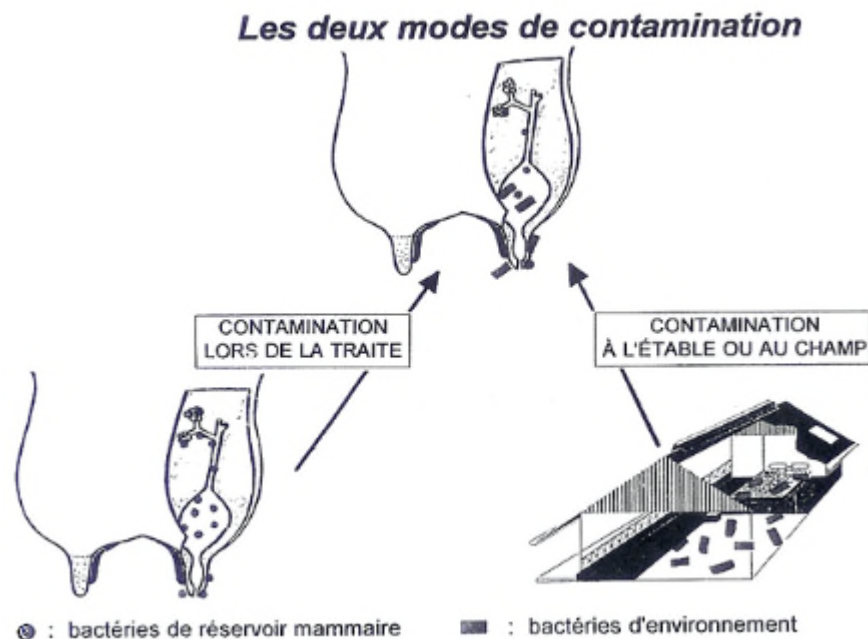


Figure 05: Mode de contamination.

II.1.2.3. Age

Les vaches âgées sont plus sensibles non pas directement du fait de l'âge, mais par suite des infections antérieures car les mammites font partie des maladies qui n'entraînent

pas secondairement un état d'immunité mais amènent au contraire un état de sensibilité : une vache atteinte a une plus grande probabilité d'être infectée une deuxième fois et ainsi de suite [21].

II.1.2.4. Stade de lactation

- **Tarissement**

Le tarissement est une période clé pour la maîtrise des infections mammaires :

Elle est particulièrement propice pour éliminer des infections persistantes de la lactation précédente.

Elle est particulièrement favorable à l'installation de nouvelles infections.

Elle influence le nombre mais également la gravité des infections au début de la lactation suivante et par conséquent l'importance des pertes à venir [12].

- **Lactation**

De nouvelles infections mammaires s'établissent tout au long de la lactation. Leur incidence (nombre par unité de temps) est particulièrement élevée en début de lactation. Une partie de ces infections est éliminée au cours de la même lactation, soit par guérison spontanée dans 20% des cas environ, soit suite à un traitement, notamment en cas de mammite clinique. D'autres infections, sans signes cliniques et non traitées, ou traitées mais sans succès, persistent jusqu'à la fin de la lactation [12].

II.1.3. Traite

La machine à traire joue un rôle important dans la ferme laitière. C'est un moyen efficace pour traire les vaches.

Cependant, il y a lieu de rappeler qu'elle est un des rares appareils à être en contact direct avec les tissus vivants d'un animal.

De mauvais équipements ou de mauvaises techniques de traite peuvent rendre l'opération de traite désagréable pour la vache, voir même donner lieu à une blessure ou à une mammite [29].

II.1.3.1. Fonctionnement

La machine à traire remplit essentiellement deux fonctions :

- Elle permet au lait de s'écouler du trayon en soumettant le bout de ce dernier à un vide partiel.

- Elle masse le trayon de façon à réduire les effets d'une aspiration.

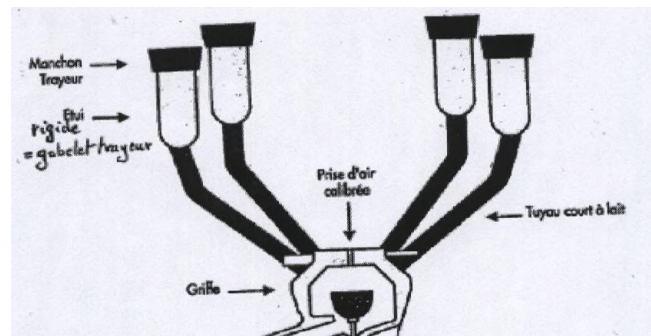


Figure 6: Faisceau trayeur [31].

II.1.3.2. Transmission entre les traites

Par capillarité via le canal du trayon (qui reste ouvert environ 20 minutes après la traite) après la traite. C'est surtout lors de contact avec la litière que la contamination s'effectue (décubitus après la traite sur aire paillée fortement contaminée) [31].

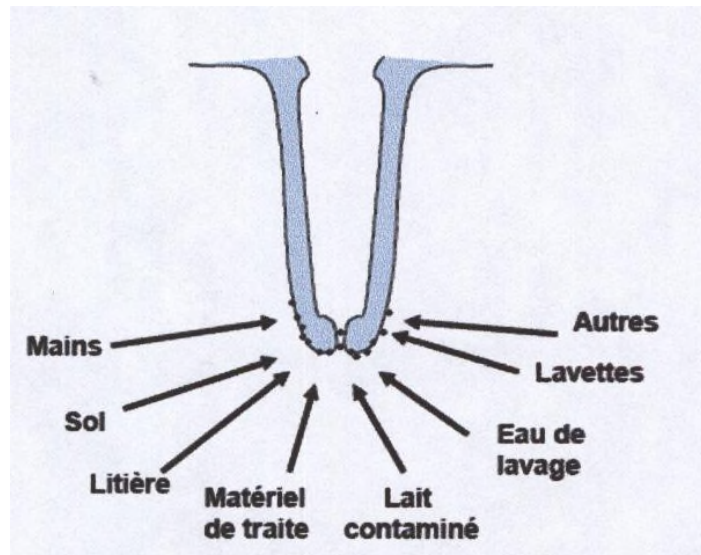


Figure 7: Contamination du canal du trayon par capillarité [31].

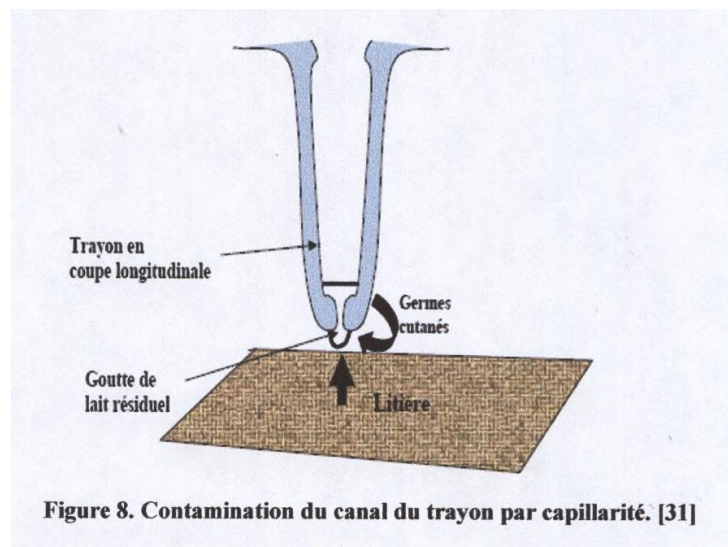


Figure 8. Contamination du canal du trayon par capillarité. [31]

Figure 8: Différentes origines des germes qui contaminent l'extrémité et la peau du trayon [31].

II.1.3.3. Transmission pendant la traite

Par les mains des trayeurs plus le matériel de traite (manchons trayeurs, lavette,...) [31].

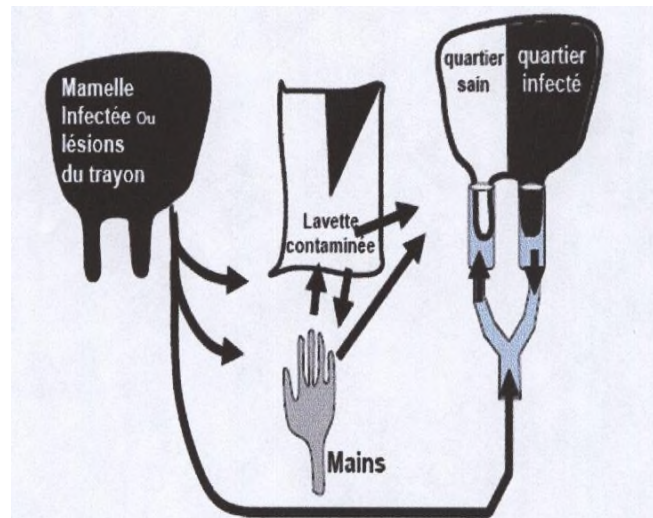


Figure 9: Modes de transmission des bactéries d'un quartier infecté à un quartier sain de la même mamelle ou d'une autre mamelle [31].

II.1.3.4. Hygiène de la traite

La mise en place d'une routine de traite est essentielle pour réduire le risque de mammites. Elle comprend le respect des points suivants:

- La routine de traite doit être régulière et calme, le vacher doit éviter des faits inhabituels susceptibles de perturber l'opération régulière de la traite. L'opération de traite doit être douce et assurer un débit de lait optimal.
- Laver et désinfecter les mains avant la traite: dans les exploitations à problèmes les mains des trayeurs sont couramment infectées par les germes de la mammite, cela même dans les intervalles de traite.
- Récolter les premiers jets de lait selon la technique décrite par Philipps : c'est-à-dire ; comprimer le trayon à sa base entre le pouce et l'indexe, ensuite éjecter le lait contenu dans la cavité (sinus) du trayon dans un bol de traite prévu à cet effet.
- Vérifier sur le tamis noir du bol de traite s'il y a des anomalies matons, grumeaux, Caillots, sérosités, filets de song. Voir si le lait est visqueux, plutôt jaune ou décoloré [17].

II.2. Pathogénie

II.2.1. Moyens de défense de la mamelle

II.2.1.1. Défenses naturelles

La mamelle a une structure qui la protège des invasions bactériennes. Ces premières barrières de défense sont :

- Un bouchon imperméable de kératine qui se forme autour du sphincter de la mamelle d'une vache tarie ;
- Un canal étroit et dont la position naturelle est d'être fermée ;
- Un sphincter qui se trouve au sommet du canal et qui le scelle entre les traites [36].

L'épithélium à l'intérieur du canal qui est impénétrable et lisse, ce qui empêche les bactéries d'y adhérer.

Le canal de la mamelle et le sphincter sont les barrières les plus efficaces pour empêcher l'invasion bactérienne du pis. Le nombre de bactéries qui restent dans le canal après une traite est réduit fortement lorsque les mamelles sont désinfectées après la traite.

Le sphincter se dilate pendant la traite. Malgré sa contraction après le décrochage des unités de traite, il reste particulièrement ouvert pendant une courte période de temps. Le trempage des mamelles dans un désinfectant aide à protéger la vache pendant cette période de vulnérabilité [36].

Les bactéries peuvent commencer à se reproduire quelques heures après avoir envahi un tissu. Si elles parviennent à s'établir et commencent à se diviser dans la glande du pis et les canaux lactifères, d'autres mécanismes de défense entrent en jeu chez la vache tarie, un bouchon de kératine (protéine robuste qui forme les ongles par exemple) occlut le canal et empêche la pénétration de micro-organismes pendant la période de tarissement [36].

II.2.1.2. Défenses à médiation cellulaire

Dans le lait de glandes non infectées les cellules sont peu nombreuses (< 200 000/ml) et ce sont les macrophages qui dominent. Les cellules épithéliales sont rares, et les lymphocytes peu nombreux. Dans les sécrétions de la mamelle tarie, les macrophages restent prédominants, mais la proportion de lymphocytes s'accroît et le nombre de cellules

atteint plusieurs millions par ml au cours de l'involution de la glande. Les lymphocytes du lait se multiplient en réponse aux mitogènes et aux antigènes cependant moins activement que les lymphocytes circulants, en partie à cause d'un effet inhibiteur de la sécrétion de la mamelle tarie et du colostrum. Le tissu mammaire ne renferme pas de structures folliculaires organisées comparables aux plaques de Peyer de l'intestin. Des plasmocytes épars sont visibles en position sous-épithéliale, avec une prédominance de cellules sécrétant des IgG1, apparemment sans relation avec le cycle de sécrétion. Une zone particulièrement correspondant aux replis de l'extrémité distale de la citerne du trayon renferme une concentration beaucoup plus importante de lymphocytes, avec de rares centres germinatifs. Suite à une infection, le nombre de lymphocytes, plasmocytes, monocytes, macrophages et neutrophiles augmente, préférentiellement dans la région entourant la citerne de la glande. Les monocytes et surtout les neutrophiles migrent dans le lait où ils expriment leur potentiel bactéricide, constituant le moyen essentiel de contrôle de l'infection [35].

II.2.2. Déroulement du processus infectieux

Plusieurs espèces se succèdent lors de processus infectieux.

II.2.2.1. Exposition de l'agent pathogène

L'infection de la mamelle par voie endogène est exceptionnelle, cependant l'excrétion de micro-organismes viables dans le lait, sans qu'il y ait réellement mammite, est parfois rencontrée ou probable dans certaines pathologies : brucellose, tuberculose, paratuberculose, salmonellose, chlamydie. La première étape du processus infectieux est la contamination de l'extrémité du trayon, qui peut survenir entre les traites ou pendant la traite [37].

II.2.2.2. Pénétration des micro-organismes:

Elle se fait à travers le canal du trayon entouré d'un sphincter musculaire involontaire, puis à travers les replis muqueux de la rosette de Furstenberg, à travers le sinus papillaire et enfin le sinus glandulaire [37].

Le franchissement du canal du trayon peut se faire par multiplication active.

Les essais de contamination expérimentale de la glande mammaire montrent une meilleure efficacité des techniques consistant à déposer des germes au de là du canal du trayon par rapport au simple dépôt des germes sur la peau des trayons. Ce la souligne l'efficacité d'un canal du trayon sain en tant que mécanisme de défense s'opposant à la remontée des germes .Cependant, il existe des arguments expérimentaux montrant que les nouvelles infections sont plus fréquentes si les bactéries sont déposées après la traite plutôt qu'à son début. Ce dernier résultat est à mettre en relation avec le fait que le canal du trayon reste généralement ouvert environ une demi-heure après la traite d'un animal. Le franchissement du canal du trayon également se réaliser par transport passif : ce phénomène survient lors de la traite et semble sous la dépendance des fluctuations cycliques et acycliques du vide dans l'installation de traite.

Les bactéries s'établissent alors à proximité des cellules épithéliales bordant les canaux sécrétoires, absorbant des facteurs nutritifs du lait tout en expulsant des toxines nocives qui attaquent et détruisent l'épithélium [37].

II.2.2.3. Mécanismes de défense

On peut classer les défenses de la mamelle en deux grands types de mécanisme [37].

- **Défenses passives**

Ce sont des mécanismes dont la fonction principale n'est pas une fonction de défense; ils siègent essentiellement dans le canal du trayon. Le diamètre du canal du trayon est plus grand dans sa partie proximale (0.8 mm) que dans sa partie distale (0.4mm). Il constitue de ce fait un élément de résistance important. Un sphincter rapproche les bords du canal du trayon qui se trouve hermétiquement clos par la coalescence de l'enduit de kératine et d'acide gras produit par l'épithélium stratifié du canal. De plus, les bactéries peuvent être adsorbées par la kératine et éliminées par la desquamation à la faveur d'une traite. Certains composants de l'enduit Kératinisé sont doués d'activité anti-bactérienne. Enfin, au niveau de la rosette de furstenberg, le canal du trayon est plus ou moins obstrué par des replis de la muqueuse [37].

- **Défenses actives**

Ce sont des mécanismes reposant sur des structures biologiques dont le rôle premier est un rôle de défense. Ces mécanismes sont essentiellement ceux qui sont mis en jeu une fois que l'agent infectieux a dépassé le canal du trayon [37].

Plusieurs protéines du lait sont douées d'activités anti-bactériennes non spécifiques :

- Le lysozyme est un enzyme capable de lyser la paroi de certaines bactéries.
- La lactoferrine fixe le fer ferrique en présence d'ions bicarbonates, ce qui ralentit la croissance des bactéries dont les besoins en fer sont importants. Son action n'est efficace que dans les sécrétions de la glande tarie et en cas d'inflammation très importante.
- Le système lactoperoxydase/ thiocyanate/ peroxyde d'hydrogène inhibe la croissance de certains Streptocoques (*Streptococcus agalactiae* et *Streptococcus uberis*) .On observe

essentiellement un allongement de la phase de latence qui précède la multiplication des bactéries.

- Le système du complément peut s'attaquer aux bactéries qui l'activent, et comporte un complexe d'attaque membranaire bactéricide. L'activation du complément est renforcée par les anticorps qui élargissent également son spectre d'activité.

- Les anticorps dirigés contre les toxines bactériennes jouent un rôle protecteur important, en réduisant la sévérité des lésions tissulaires, mais ils ne permettent pas l'élimination de l'infection.

- Une soixantaine d'enzymes sont présentes dans le lait. Les six classes définies par l'Union Internationale de Biochimie, à l'exception des lipases, y sont représentées soit les oxydoréductases, les transférases, les hydrolases, les lyases et les isomérases. Elles sont inactivées par la pasteurisation. Elles peuvent induire des modifications technologiques (perte de rendement) et organoleptiques (lipases et protéinases). Elles ont un rôle antibactérien.

De nombreuses cellules interviennent dans la première ligne de défense contre les infections intra-mammaires.

Dans un lait de vache normal, les macrophages représentent la majorité des cellules somatiques. Ils initient l'inflammation lorsque, après avoir été stimulés par la phagocytose des bactéries ou par les toxines qu'elles larguent, ils sécrètent des cytokines pro-inflammatoires telles que l'IL – 1 et le TNF- α qui initient les symptômes généraux de l'inflammation et conduisent à un afflux massif de cellules dans la mamelle [37].

Ces messagers chimiques augmentent le flux sanguin dans la mamelle et ouvrent les espaces entre les cellules endothéliales bordant le lit capillaire mammaire, ce qui permet le passage du plasma sanguin dans le lait. S'il y a en contact préalable avec l'agent

bactérien, des anticorps spécifiques vont passer dans le lait avec le plasma. Bientôt des polynucléaires neutrophiles (PNN), une forme spécialisée de cellules blanches, migrent directement du sang vers les bactéries. Les PNN libèrent des oxydants qui détruisent non seulement une partie des bactéries mais aussi quelques cellules épithéliales bordant des canaux et les alvéoles dans la mamelle. Les PNN combattent également les bactéries directement par ingestion ou phagocytose, avec l'aide des anticorps qui se fixent sur les bactéries, permettant aux PNN de les reconnaître comme étrangères. Après phagocytose et libération de leurs agents chimiques, la plupart des PNN périssent. En suite les macrophages migrent par les pores des capillaires vers la mamelle. Là, ils tentent de restreindre les dommages causés à l'épithélium par les PNN en les ingérant à la suite d'un processus appelé mort cellulaire programmée. Par ce processus, les PNN mourants sont ingérés par les macrophages avant qu'ils ne puissent larguer leurs agents chimiques agressifs, prévenant ainsi de nouveaux dommages de l'épithélium mammaire. En quelques heures, les lymphocytes commencent à s'accumuler au site de l'infection et portent la bataille à un autre niveau de défense immunologique. Les lymphocytes B et T fournissent des défenses à médiation humorale et cellulaire [37].

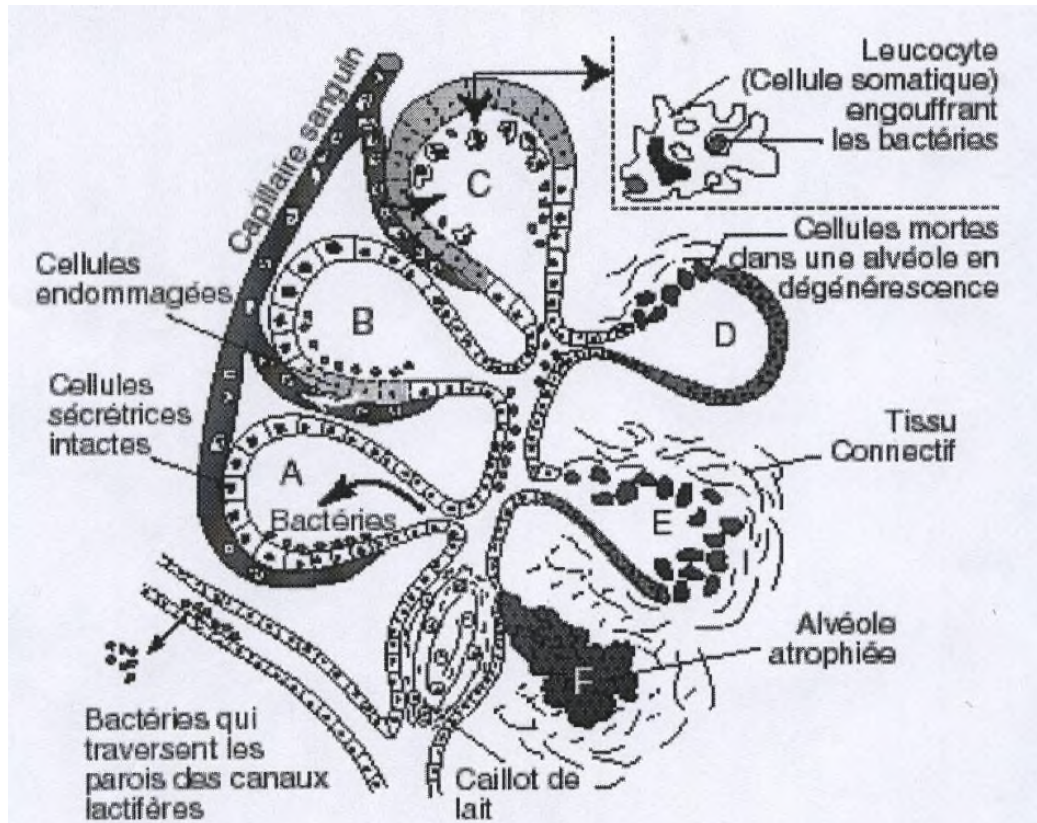


Figure 10 .Changements principaux de la structure du tissu alvéolaire provoqués par les mammites [36].

II.3. Dépistage des mammites

Chez les bovins, le diagnostic des affections de la mamelle, est seulement une exigence fondamentale de l'hygiène de la production laitière, mais il conditionne également le traitement et la prophylaxie de lésions risquant d'altérer le niveau de la production laitière. On accorde une importance toute particulière à l'identification précoce des infections mammaires du rôle de la traite mécanique dans leur apparition et leur

transmission. Beaucoup d'erreurs d'hygiène entravent la production laitière; d'autres confèrent une prédisposition plus élevée aux blessures du trayon et aux mammites risquant de limiter considérablement la valeur des sujets concernés. Enfin, il importe de vérifier régulièrement l'état de santé de la mamelle de tous les animaux du troupeau (en particulier au tarissement et après le vêlage). Il appartient au vétérinaire d'expliquer aux éleveurs les conséquences des anomalies congénitales et acquises observées au cours d'un contrôle en série [38].

II.3.1 Mammites cliniques: l'épreuve du bol de traite

II.3.1.1. Symptômes fonctionnels

Dans la majorité des cas l'infection mammaire se traduit seulement par la présence de symptômes fonctionnels: présence de grumeaux dans la sécrétion.

- **Règle:** le premier symptôme de mammite est l'apparition de grumeaux dans le lait. Ils sont mis en évidence par l'épreuve du bol de traite (figure12), réalisée lors de la préparation de la mamelle à la traite et de manière systématique sur tous les quartiers de toutes les vaches.
- **Principe:** recueillir dans un bol à fond noir et rugueux le ou les deux premiers jets de lait après avoir nettoyé les trayons et avant de mettre en place les gobelets trayeurs.
- **Objectifs:** mettre en évidence les grumeaux qui signent une mammite clinique et dont ils constituent la première manifestation.
- **Avantage:** Ce test simple permet en outre de rincer le canal du trayon.

Interprétation

Si quelques grumeaux même de très petite taille sont mis en évidence, il faut traiter le quartier immédiatement après la traite.

Si un seul grumeau est observé faut-il traiter: non, observer attentivement le lait lors de la traite suivante [31].

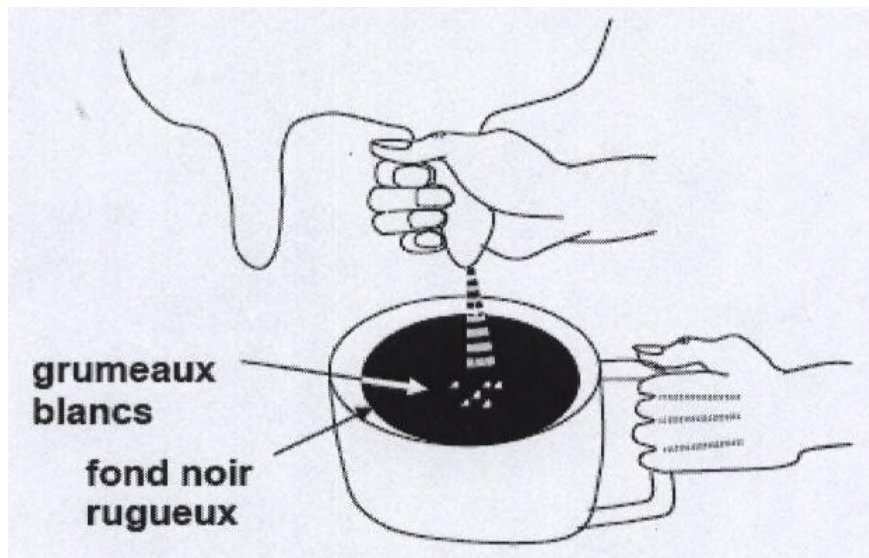


Figure 11: Epreuve du bol de traite [31].

II.3.1.2. Symptôme locaux et généraux

Lors de mammites aiguë et surtout suraiguë, des symptômes locaux sont présents qui peuvent orienter le diagnostic étiologique. La mise en évidence se fait par inspection et palpation [31].

- **Inspection:** commence à distance en examinant l'attitude et la démarche de la vache qui est modifiée en cas de douleur importante du quartier: membre en abduction, boiterie, répugnance à se déplacer. Puis on apprécie la couleur, le volume du quartier (plus déformations, asymétrie des quartiers...) [31].
- **Palpation:** nécessite parfois une contention (pincés mouchette, huit au jarret). Elle commence par les trayons. Avec une main on le met sous tension par une légère traction vers le bas. Avec l'autre main il est palpé entre le pouce et l'index.

Le canal du trayon est perceptible de la taille d'un grain de riz. Puis on palpe le parenchyme (après la traite) à l'aide des deux mains à plat (consistance du caoutchouc mou) mis en évidence de chaleur, douleur, déformation, indurations (fibrose).

En fin on palpe les nœuds lymphatiques rétro mammaires qui se présentent sous forme de deux groupes situés au pôle supérieur des quartiers postérieurs. Seul le plus volumineux est palpable. Il a la forme d'un disque vertical de 4-5 cm de diamètre et 1 cm d'épaisseur à l'état normal.

Les symptômes généraux sont présents lors de mammite suraiguë surtout. Ils se traduisent par un syndrome fébrile (hyperthermie, abattement...) parfois associés à des troubles digestifs (diarrhée lors de mammite aiguë à entérobactéries) [31].

- **Limites de l'examen clinique**

La mise en évidence de ces symptômes locaux, généraux et fonctionnels permet d'établir un diagnostic d'affection d'organe mais rarement de connaître la nature du germe responsable. Dans quelques cas seulement les symptômes permettent la prédiction de la nature du germe en cause:

- Mammite gangreneuse (*Staphylococcus aureus*),
- Mammite aiguë à entérobactérie (*Escherichia coli*, *Klebsiella*),
- Mammite d'été (*Arcanobacterium pyogènes*) [31].

II.3.2. Mammites subcliniques: les cellules du lait

Tous les producteurs inscrits au contrôle laitier sont familiers avec le comptage cellulaire ou numération des cellules somatiques. Appelé parfois de façon erronée comptage leucocytaire, ce test inclut toutes les cellules somatiques, ce qui comprend les globules blancs (ou leucocytes) et les cellules épithéliales.

Lorsqu'il y a inflammation, le système immunitaire de la vache répond en envoyant des leucocytes pour éliminer les corps étrangers. Le décompte des cellules somatiques présentes dans le lait peut donc indiquer si une vache est en train de combattre un microbe [23].

Le comptage cellulaire a été institué surtout pour s'assurer que le lait issu d'un troupeau est de qualité acceptable pour la consommation humaine. Pour détecter les vaches atteintes de mammite, il s'agit aussi d'un test très utile qu'imparfait à certains points de vue [23].

Premièrement, le comptage cellulaire ne distingue pas les leucocytes des cellules épithéliales. Par exemple, pour un lait normal avec un comptage de 50000 cellules, on peut avoir 20% de leucocytes et 80% de cellules épithéliales tandis que pour un lait mammitieux avec un décompte de plus de 50000 cellules par ml, on retrouve plutôt 90 à 95% de leucocytes, mais cette proportion peut aussi bien être différente. Si l'on pouvait avoir seulement le décompte de leucocytes, on pourrait plus clairement voir si la vache combat une infection. Comme le comptage ne fait pas la distinction, il est difficile d'interpréter les résultats d'un comptage, surtout pour des valeurs moyennes. Dans le cas du décompte élevé (Vaches millionnaires), le diagnostic est toutefois clair et indique une mammite [23].

Deuxièmement, il y a une grande variation du nombre de cellules somatiques avec ou sans mammite. Ainsi, le nombre de cellules somatiques dans le lait est en générale plus élevé dans les mois d'été, plus élevé en début et en fin de lactation et s'accroît avec l'âge de la vache. Cela dépend aussi de la génétique de la vache et du taureau [39].

Par ailleurs, l'accroissement du compte de cellules somatiques peut aussi être relié au désordre fonctionnel des organes reproducteurs. Même avec un échantillonnage et un comptage bien effectué, on peut s'attendre à une variation de 25% d'un jour à l'autre sans que la situation du troupeau ait changé [40].

Troisièmement, les vaches d'un troupeau réagissent différemment à une infection que les vaches d'un autre troupeau. Par exemple, Natzk rapporte que le comptage cellulaire moyen du lait provenant des quartiers infectés par des *Staphylocoques dorés* était de

6700 000 dans un troupeau et de 90 000 dans un autre. Dans la même étude, les quartiers non infectés avaient un décompte de 600 000 dans un troupeau et de 15 000 dans l'autre [40].

En fin, lorsque le comptage est très élevé, l'animal ou le lait montrent en générale également des symptômes apparents qui indiquent une mammite. Le test ne nous apprend alors rien de plus que si l'on est attentif [23].

Malgré ces lacunes, le décompte somatique demeure un outil important et pratique pour mesurer la santé générale du troupeau ou de sujets en particulier. Natzke estime que le comptage cellulaire est particulièrement utile pour évaluer la santé du troupeau à long terme. L'observation de la tendance du comptage du troupeau année après année permet d'évaluer si des progrès ont été réalisés, si la situation est stable ou si elle empire [40].

II.3.3. Examen microbiologique du lait

Plusieurs méthodes permettent de déterminer le type d'agent pathogène qui cause les mammites. Ce sont la culture bactériologique standard du lait, la Polymerase Chain Réaction (PCR), les Biplates et Triplâtes ainsi que les plaques petrifilm [41].

La culture bactériologique du lait au laboratoire est la méthode actuelle de référence pour l'identification des pathogènes dans le lait. La méthode consiste en l'ensemencement du lait sur une gélose au sang. La quantité de lait utilisée est de 0.01 ml. La lecture de gélose peut être faite entre 18 et 24 heures après l'ensemencement. A partir de l'envoi de l'échantillon, il faut compter environ quatre à cinq jours pour établir le diagnostic définitif. Les organismes causant la mammite peuvent être divisés en cinq groupes : Les cocci Gram-positifs, les bactéries Gram-négatives (coliformes), *Corynebacterium*, *Mycoplasma* et autres (*Nocardia*, *Protothec* et levures).

A l'exception de *Mycoplasma*, la plupart des agents pathogènes sont détectables sur la gélose au sang.

Pour avoir la meilleure sensibilité (la capacité de détecter l'organisme infectieux si la vache est vraiment infectée), il est suggéré de prendre un échantillon du quartier infecté au lieu d'un échantillon composite de tous les quartiers. On pourrait identifier le quartier infecté à l'aide du CMT. Par ailleurs, la méthode de collection peut changer la sensibilité de la culture. Pour le dépistage de *Staphylococcus aureus*, la meilleure sensibilité est obtenue quand l'échantillon est prélevé avant la traite. De plus, si le quartier infecté est prélevé et que l'échantillon est congelé avant l'ensemencement, on augmente la sensibilité. Par contre, pour les mammites causées par *Escherichia Coli* ou *Klebsiella*, la congélation diminue le nombre de bactéries dans le lait. Donc, il est préférable d'avoir du lait frais pour le dépistage des mammites cliniques. Il est important de se souvenir que, si on ne peut faire parvenir l'échantillon à la clinique rapidement, le lait doit être mis au réfrigérateur ou congelé. Les tests bactériologiques fournissent une information précieuse. Pour mieux contrôler la mammite dans son troupeau, il faut en parler avec son médecin vétérinaire et établir un programme de santé du pis [41].

III.1. Traitement

L'apparition des sulfamides et des antibiotiques a bouleversé le pronostic des mammites. Soignée dès le début, la mammite doit évoluer sans complication. On peut dire que celles-ci sont presque toujours le fait d'une négligence [42].

La lactation est un phénomène physiologique qui exige des soins constants dès son installation (congestion mammaire), pendant sa durée (mammites) et pour sa disparition (tarissement) opération souvent délicate [42].

III.1.1. Traitement médical

Les produits pharmaceutiques utilisés dans la lutte contre les mammites comprennent :

- **dérivés de l'acridine** : Entozon
- **Sulfamides** : Sulfathiazol.
Sulfadimérazine.
Sultirène.
- **Antibiotiques** : Pénicilline, Streptomycine, Chloramphénicol,
Auréomycine, Tétracycline, Soframycine, Kanamycine,
Néomycine Belcomycine, Colimycine.
- **Dérivés cortisoniques.**
- **Alphachymotrypsine** : (Kimolysine) Par voie générale ou par voie intra-mammaire
- **Vaccins divers** : Fabriqués par les Instituts : (Mérieux, I.S.T, I.B.T,)
- **Médicaments externes** : à base de pommades et liniments. [42]

III.1.2. Autres traitements

III.1.2.1. Argilothérapie

L'argile a plusieurs propriétés thérapeutiques. En cataplasme, elle s'est avérée efficace contre l'inflammation associée à la mammite en raison de son très grand pouvoir absorbant. Pour préparer un cataplasme d'argile, on mélange de l'argile (blanche, verte ou grise) avec un liquide.

Certains producteurs utilisent de l'eau à la température de la pièce, d'autre de l'huile d'olive. Un bon compromis consiste à mélanger moitié eau, moitié huile, l'huile donnant une consistance plus élastique à la pâte. Le produit final doit être assez liquide tout en adhérant fermement en place sur le pis.

Ce traitement devrait produire des résultats en deux ou trois heures dans le cas d'une mammite aiguë, 4 à 6 heures pour des cas moins graves et en deux à trois jours pour les mammites chroniques. Si le traitement ne semble pas avoir d'effet après ce temps, il faut envisager d'autres mesures [23].

III.1.2.2. Phytothérapie

Cette méthode demande soin et attention pendant une semaine ou plus, et de ce point de vue, n'est pas vraiment applicable aujourd'hui dans un troupeau commercial. Elle a toute fois fait ses preuves en Angleterre où elle s'est avérée très efficace dans les cas de mammite clinique. Les herbes médicinales à utiliser sont l'ail et la germandrée à feuille de sauge [23].

III.1.2.3. Oxygénothérapie

Pour l'oxygénothérapie, c'est habituellement le peroxyde d'hydrogène qui est utilisé [23].

III.1.3. Différentes voies de traitement

III.1.3.1. Traitement par voie générale

Le transfert d'un antibiotique du sang vers le lait est optimal s'il est de poids moléculaire < 1000, liposoluble et basique. Administrés par voie générale, les sulfonamides, pénicillines, aminoglycosides et céphalosporines ne pénètrent pas aisément dans la glande mammaire à la différence des macrolides telle l'érythromycine, du trimethoprim, des tétracyclines et des fluoroquinolones [43].

III.1.3.2. Traitement par voie galactophore

Les macrolides sont les plus indiqués car leur diffusion intracellulaire est excellente et leur persistance également. La spiromycine semble être la molécule de choix pour les germes sensibles car elle diffuse peu dans les quartiers voisins.

La plupart des β -lactamines diffusent largement et rapidement, mais leur concentration intracellulaire est toujours très faible [44].

Les aminosides persistent longtemps, mais leur diffusion est limitée. La pénétration intracellulaire est mauvaise. La gentamycine pénètre toutefois un peu mieux que la streptomycine. Les polypeptides possèdent les caractères amplifiés des aminosides : forte persistance, diffusion lente et limitée, très faible pénétration cellulaire. Les tétracycline ont une bonne diffusion mais les chélates inactivés, formés avec le calcium du lait, peuvent limiter leur activité et freiner notablement leurs possibilités de transfert membranaire. Seules des doses élevées permettent de limiter cet inconvénient [43].

La diffusion des antibiotiques (sulfamides, sulfones, nitrofuranes) dépend de leur solubilité et de leur taux de fixation. La pénétration intracellulaire est généralement faible ; elle est meilleure pour les sulfamides lipophiles (sulfaméthoxyridazine) et la dapsonne. D'une manière générale, il est possible d'atteindre le secteur intracellulaire avec des antibiotiques à très fortes doses (gentamycine, dapsonne, tétracyclines). Par contre, jusqu'à démonstration du contraire, cela semble le plus souvent exclu avec la streptomycine et DHS, les polypeptides, les β -lactamines (sauf les esters), les nitrofuranes, la navobiocine. En revanche, l'atteinte d'un germe à localisation extracellulaire pose peu de problèmes quelque soit l'anti-infectieux utilisé [44].

III.2. Prophylaxie

Dans la lutte contre les mammites, qui posent les plus gros problèmes dans les élevages biologiques, l'essentiel peut se résumer à [45] :

III.2.1. Procédure de traite

Il est important de veiller à la propreté dans les méthodes de traite pour éviter de propager les germes ou de les laisser se développer. L'hygiène a pour but de prévenir la transmission des microbes d'un trayon à l'autre sur la même vache ou d'une vache à l'autre [23].

- **Lavage du pis :** Le lavage du pis a un but hygiénique et un effet stimulant sur la montée laitière. Un lavage adéquat est important surtout pour prévenir les mammites environnementales, celles causées par les coliformes et autres microbes des environnements contaminés. Un lavage de pis mal fait contribue à transmettre les microbes plutôt qu'à les détruire.

Le plus bas décompte de bactéries dans le lait est obtenu en effectuant le lavage du pis de la façon qui suit :

→ Mouiller et nettoyer avec une serviette de papier humide individuelle les trayons seulement. Le fait de mouiller le pis et les trayons résulte en plus de bactéries dans le lait qui si seulement les trayons sont mouillés.

→ Essuyer avec des serviettes de papier individuelles [23].

- **Prétraite** : De tirer un peu de lait à la main avant la traite mécanique permet de stimuler la montée laitière et de prélever le lait avec un haut compte microbien. On utilise une tasse-filtre pour détecter le lait d'apparence anormale (grumeaux, ...) [23].

- **Ordre de traite** : Il est important de traire les vaches qu'on sait infectées en dernier. Si possible, on traite dans l'ordre : les vaches de première lactation, les vaches normales, les vaches avec un haut comptage cellulaire et les vaches infectées [23].

- **Autres mesures pendant la traite** :

Il est important de traire au complet. Avec les trayeuses modernes, les risques de forcer l'entrée de microbes à la fin de la traite sont grandement diminués, en autant qu'elles soient bien ajustées. On peut réduire les chances de pénétration des bactéries dans le pis en diminuant l'amplitude des fluctuations du vacuum et la vitesse du changement de vacuum au trayon. Pour cela, on doit avoir une bonne réserve de vacuum et des conduits appropriés, s'assurer que la trayeuse ne glisse pas des trayons et en lever la trayeuse avec précaution [23].

Bien que peu réaliste à l'échelle d'un troupeau, les risques d'infection peuvent être diminués si l'on finit la traite à la main. Il est important de traire deux fois par jour, même les vaches qui produisent peu. Plus le lait reste longtemps dans le pis, plus les risques d'infection sont grands. Il ne faut pas jeter le lait des premiers jets par terre afin de ne pas contaminer litière et plancher [23].

- **Bain de trayon d'après- traite** :

Le bain de trayon désinfectant après chaque traite est une mesure qui permet de diminuer d'environ 50 % les risques d'infection par des microorganismes contagieux comme *Streptococcus agalactiae* et les *Staphylocoques dorés*. Grâce au bain de trayon, les populations de ces microbes ne peuvent pas se développer suffisamment entre chaque traite. Le bain de trayon permet également d'éloigner les mouches. Il est important que le bain de trayon contiennent jusqu'à 10 % de substances bénéfiques à la souplesse des tissus des trayons : huiles, glycérine, lanoline. Une peau souple et en santé est une assurance de plus contre l'entrée des bactéries dans le pis [23].

- **Nettoyage de l'équipement de traite :**

Il est bien sur important de nettoyer et désinfecter l'équipement à chaque traite. Le vinaigre de cidre ou de maïs et le peroxyde sont utilisés par certains producteurs comme alternatives à l'acide phosphorique et au chlore [23].

III.2.2. Contrôle de l'environnement

III.2.2.1. Alimentation

Les producteurs ont souvent blâmé l'alimentation comme étant responsable d'épidémies de mammites cliniques. Cependant, les rations à haute teneur en énergie ou en protéine n'augmentent ni ne diminuent le nombre de nouvelles infections. L'alimentation des vaches hautement productives augmente le stress sur le pis et peut entraîner la manifestation de la maladie chez les animaux infectés. D'un autre côté, réduire la production de lait pour diminuer les cas de mammites cliniques n'est pas justifiable ni économique. Les problèmes de santé lors de la mise bas, particulièrement ceux qui causent le syndrome de la vache couchée, augmentent les risques de mammites. On peut réduire ces problèmes en séparant les vaches en lactation des vaches tarées et en donnant à ces dernières la ration équilibrée convenant à leur état [46].

III.2.2.2. Logement

Des études comparatives montrent une incidence légèrement réduite des mammites chez les vaches dans des logettes non entravées par rapport aux animaux attachés ou en stabulation libre. Quelque soit le système utilisé, la propreté générale de l'environnement constitue un des facteurs majeurs gouvernant le degré d'exposition à la mammité. Les parcs sales, l'eau stagnante, l'accumulation de fumier, le surpeuplement et l'épandage de lisier sur les pâturages augmentent le degré d'exposition et le risque de mammité.

Les aires d'exercice devraient être assez vastes et bien drainées pour permettre une pousse normale de l'herbe. Si non, ces aires doivent être bétonnées et régulièrement grattées nettes [46].

III.2.2.3. Stalles et logettes

Lorsque les stalles sont trop petites, les blessures aux trayons sont plus fréquentes. Dans étables à stabulation libre, les vaches ont moins tendances à se coucher dans les allées sales, si les logettes sont assez grandes et s'il y en a au moins 9 pour 10 animaux. Les planchers de béton ou bois sont plus durs, moins confortables et risquent de provoquer de blessures aux trayons. Cependant, ce type de plancher nécessite moins d'entretien et de main d'œuvre que ceux en chaux ou en argile [46].

III.2.2.4. Litière

La litière est nécessaire pour garder la stalle sèche, éviter la multiplication de bactéries et assurer le confort des animaux. Il n'existe pas de matériau parfait pour la litière. Toutefois, il a été prouvé qu'une litière de sable dans une logette réduit au minimum les risques de contact du pis avec les bactéries [46].

III.2.2.5. Ventilation

De hautes températures (supérieures à 25°C), une humidité élevée (au-dessus de 80 %) et les odeurs de fumier sont reconnues comme des facteurs causant du stress pour la vache. L'humidité augmente aussi les risques d'exposition des trayons aux microorganismes présents dans l'air et dans la litière humide. Il en résulte un accroissement de la population des bactéries dans la litière. Une bonne ventilation constitue un facteur important pour tous les types de stabulation, autant pour assurer le confort de l'animal que pour limiter le contact avec les bactéries responsables de la mammite [46].

I. Les traitements usuels antibactériens : antibiotiques et problème de l'antibiorésistance

1. Généralités

En 1928 Sir Alexander Fleming a découvert par hasard le premier antibiotique : la pénicilline. Elle n'a été utilisée pour des thérapies que treize ans plus tard. Cette découverte constitue une avancée scientifique très importante pour la médecine humaine et vétérinaire. Au cours de son évolution, la société a commencé à utiliser de plus en plus d'antibiotiques. Dans un premier temps, elle a eu recours à la pénicilline puis plus tard, à de nouveaux antibiotiques élaborés par les chercheurs pour lutter contre les infections bactériennes qui menacent la santé humaine et celle des animaux d'élevage.

Les antibiotiques sont des substances qui permettent de lutter contre la prolifération de bactéries - bactériostatiques - ou bien de les détruire - bactéricides. Ils peuvent être d'origine naturelle, (produits par des champignons, des bactéries ou plus rarement des végétaux), ou bien de synthèse. L'utilisation de ces produits pharmaceutiques dans les élevages peut être préventive. Ainsi, les animaux qui se côtoient sont soignés avant même d'être malade pour éviter toute apparition d'une maladie bactérienne qui empêcherait alors l'éleveur de vendre les produits issus de ses animaux. L'usage peut aussi être métaphylactique: si certains animaux sont touchés par une infection, ceux encore sains sont traités pour éviter la prolifération. Enfin lorsque les animaux sont déjà malades, il y a le traitement curatif qui permet de les soigner. En effet, il faut que la viande, le lait ou les autres produits issus des animaux ne représentent aucun risque pour la consommation humaine. (5)

Cependant, depuis les années soixante, les scientifiques se sont rendu compte que l'utilisation de ces produits pharmaceutiques est devenue trop excessive engendrant des problèmes d'antibiorésistance chez les bactéries.

2. L'antibiorésistance

Les antibiotiques utilisés dans l'élevage ou pour la médecine humaine sont de moins en moins efficaces. Certaines bactéries ont acquis au cours de leur évolution et suite à des mutations génétiques, des allèles qui leur permettent de résister aux antibiotiques. Elles ne sont donc plus éliminées par les traitements aux antibiotiques dans les organismes contaminés.

Les traitements antibiotiques trop courts ne font que sélectionner les souches résistantes qui pourront se développer par la suite. Pour éviter ce phénomène, les traitements Antibio-

tiques doivent être pris sur une durée conséquente et le traitement ne doit pas s'arrêter dès la disparition des symptômes. (6)

Depuis 1998, suite à la conférence de Copenhague, une utilisation raisonnée des antibiotiques est encouragée et deux plans de lutte contre l'antibiorésistance ont été engagés en France. Ainsi, certains produits pharmaceutiques dits critiques, car ils sont les seuls traitements efficaces contre une 5 maladie particulière, sont maintenant autorisés seulement pour un traitement curatif et non préventif. De plus, dès 1999, un suivi des ventes des produits vétérinaires antibiotiques a été mis en place, notamment en France par l'Agence Nationale du Médicament Vétérinaire, mais également en Europe pour le projet ESVAC (7), auquel la France participe. Depuis le 1er janvier 2015, une loi empêche la vente des antibiotiques avec des réductions/promotions sur leur prix. Cette mesure a été mise en place pour favoriser le développement de nouvelles méthodes de lutte contre les maladies et infections bactériennes.

3. Les alternatives aux antibiotiques

Afin d'éviter les phénomènes d'antibiorésistance et de résistance aux agents antimicrobiens, des solutions alternatives doivent être trouvées.

3.1. Des règles d'hygiène plus strictes

Afin d'éviter le traitement par antimicrobiens, on peut agir sur la prévention des infections, avant que le microorganisme pathogène ne pénètre dans le corps. Ainsi, des règles d'hygiène plus strictes, une meilleure élimination des déchets ou encore un nettoyage plus efficace des installations peuvent limiter les infections. (6)

3.2. Une détection et une identification des microorganismes

Les traitements favorisant le plus l'antibiorésistance et la résistance aux agents antimicrobiens sont les traitements généraux s'appliquant à un grand nombre de microorganismes. Afin de les éviter, des capteurs capables de détecter l'infection à un stade précoce et d'identifier le microorganisme responsable sont développés. De cette manière, des antimicrobiens ciblés peuvent être utilisés à la place d'agents à plus large spectre. (6)

3.3. Utilisation de nouveaux procédés : exemple de l'oxyde de zinc dans l'élevage porcin

Les industries d'élevages se sont penchées sur l'utilisation de l'oxyde de zinc comme alternative à l'utilisation des antibiotiques. Cette méthode a été testée dans un élevage porcin.

Durant le sevrage, les porcelets souffrent fréquemment de troubles digestifs et de retards de croissance dus au changement d'alimentation et au stress lié à leur regroupement en lot d'animaux d'âge similaire (allotement). Ces symptômes sont généralement traités de manière préventive par un traitement antibiotique (colistine) sous forme d'aliments médicamenteux. Or les cas de résistance à la colistine sont de plus en plus nombreux, d'où la nécessité de trouver une autre méthode de soin.

Une alternative à ce traitement est mise en place dans certains pays européens sous forme de pré-mélange médicamenteux contenant de l'oxyde de zinc à hautes concentrations dans l'alimentation des porcelets durant cette période de sevrage. Cette pratique est cependant interdite en France 6

Afin de déterminer les bénéfices et les risques de cette pratique, les scientifiques de l'ANSES ont notamment étudié les points suivants :

- le sevrage et les maladies digestives pouvant se développer à cette période chez les porcelets
- les effets de l'oxyde de zinc sur ces troubles
- les caractéristiques chimiques de l'oxyde de zinc et les risques qu'il pourrait présenter pour l'homme et pour l'animal
- les modalités d'utilisation d'oxyde de zinc et les risques qu'il pourrait présenter pour l'environnement
- les résistances bactériennes à l'oxyde de zinc.

Ils en ont alors conclu que l'oxyde de zinc avait un effet limitant sur les diarrhées modérées du post-sevrage. Il peut être utilisé comme moyen de prévention des affections digestives. En revanche, son efficacité pour prévenir les formes graves de diarrhées ou la maladie de l'œdème n'est pas prouvée. Il n'est pas non plus prouvé que l'oxyde de zinc ait un effet curatif, c'est-à-dire un effet lorsque les troubles digestifs sont installés.

De plus, l'utilisation de l'oxyde de zinc en tant que pré mélange médicamenteux implique un risque toxique pour l'environnement lors de l'épandage du lisier des porcelets. Le niveau d'impact dépend des contextes d'utilisation, notamment du type d'élevage et de la teneur en zinc dans l'aliment, tout au long de la période d'élevage.

Des phénomènes de résistance bactérienne au zinc ou de co-sélection de bactéries résistantes avec certains antibiotiques existent mais on ne connaît pas leur évolution lors de l'utilisation de l'oxyde de zinc dans l'élevage porcin.

De nombreuses méthodes alternatives de prévention des troubles intestinaux se développent mais, lorsque les troubles sont installés, il semble que seuls les antibiotiques aient un effet curatif efficace. L'utilisation d'antibiotiques comme la colistine ne peut donc être exclue

mais son utilisation doit être prudente et la résistance bactérienne à cet antibiotique doit être surveillée. De même la résistance des bactéries au zinc doit être surveillée. (8)

L'émergence d'une souche résistante dans un élevage peut avoir des impacts sur une population de l'autre côté du globe. Il est donc très important de développer de nouvelles techniques alternatives à l'utilisation massive des antibiotiques. Mais ces techniques sont toujours en développement et ne sont pas toujours efficaces. Il est donc intéressant de continuer à chercher d'autres méthodes. Dans ce cadre, nous allons nous intéresser aux bienfaits des huiles essentielles présentes dans les émulsions. (8)

II. Les huiles essentielles : une alternative aux antibiotiques en santé animale

A. Les huiles essentielles : généralités

1. Définition

Les huiles essentielles sont des produits lipophiles, plus ou moins volatils, de composition généralement complexe, préexistants chez les végétaux. Ce sont donc des substances végétales aromatiques qui existent à l'état pur dans les plantes. Elles sont constituées de nombreuses substances chimiques peu solubles dans l'eau. Au niveau de la physiologie de la plante, elles sont présentes dans des organes spécialisés tels que les poils, les poches et les canaux. Ce sont les cellules qui entourent les canaux résinifères qui sécrètent ces huiles essentielles qui sont ensuite stockées dans des vésicules (50 micromètres).

Ces huiles essentielles peuvent être extraites par différents procédés : hydrodistillation, distillation à la vapeur,... Pour des cas particuliers, la pression mécanique peut être employée, ou encore la dissolution dans des huiles neutres. La dissolution dans des gaz super-critiques reste la plus fréquente actuellement. (9)

2. Propriétés physiques

Les huiles essentielles possèdent les propriétés physiques suivantes :

- liquides à température ambiante.
- couleur dominante jaune pâle, parfois verte.
- insolubles dans l'eau, très solubles dans les corps gras de type huiles végétales, graisses animales et partiellement dans les alcools de degré élevé. Afin de pouvoir solubiliser ces huiles essentielles dans de l'eau, une émulsion huile essentielle/eau peut être réalisée.
- plus ou moins volatiles.
- s'oxydent rapidement à la lumière (d'où leur stockage dans des flacons de verre teinté).

Chaque plante produit des huiles essentielles qui, de par leurs structures chimiques différentes possèdent des propriétés diverses. Par exemple, les plantes à phénols (thym, origan, laurier, sarriette) ont un rôle antiseptique et anti-infectieux. Les plantes à thuyone, comme l'absynthe et l'armoise, perturbent le système nerveux des parasites. Certaines plantes, dites modificatrices du terrain comme les orties, stimulent l'immunité. Enfin, des plantes aromatisantes comme la menthe poivrée ou la mélisse sont utilisées pour le goût qu'elles donnent.

D'un point de vue légal, la vente de certaines huiles essentielles est soumise à une restriction. La vente est alors réservée au pharmacien. C'est par exemple le cas de l'absinthe

(*Artemisiaabsinthium* L), de l'armoise commune (*A. vulgaris*L) et de la sauge officinale (*Salviaofficinalis* L). (9)

3. Structure chimique

Ce sont des mélanges complexes et variables de constituants appartenant essentiellement à deux grands groupes : le groupe des terpènes (molécules dérivant de cinq unités isoprène assemblées) et le groupe des composés aromatiques (dérivés du phénylpropane).

Les huiles essentielles sont des molécules ayant des poids moléculaires assez faibles généralement compris entre 150 g/mol et 200 g/mol. (9)

B. Méthodes de production et d'extraction

Il existe différentes méthodes pour obtenir des huiles essentielles.

La plus utilisée est l'entraînement par la vapeur ou l'hydrodistillation (Figure 1): ce procédé convient à la majorité des plantes. Cette méthode est très efficace car elle repose sur la particularité des huiles essentielles d'être insolubles dans l'eau mais solubles dans la vapeur. De la vapeur est envoyée sur les plantes, elle se charge ainsi d'huiles essentielles au contact de celles-ci. La vapeur est ensuite envoyée dans un compartiment où elle va être refroidie et ainsi se liquéfier. Le liquide obtenu comporte alors deux phases : l'eau et les huiles essentielles. Il suffit ensuite de récupérer l'huile essentielle par simple décantation. L'inconvénient de cette technique est l'utilisation de températures élevées et l'obtention de composés uniquement volatils. (10)

La récupération d'huiles essentielles est également possible à l'aide d'appareils appelés extracteurs de Soxhlet. L'extraction est réalisée grâce à des solvants organiques. On obtient ainsi des huiles essentielles avec des solvants volatils type hexanes ou benzènes. Les désavantages de cette technique est la chauffe et l'utilisation de solvants.

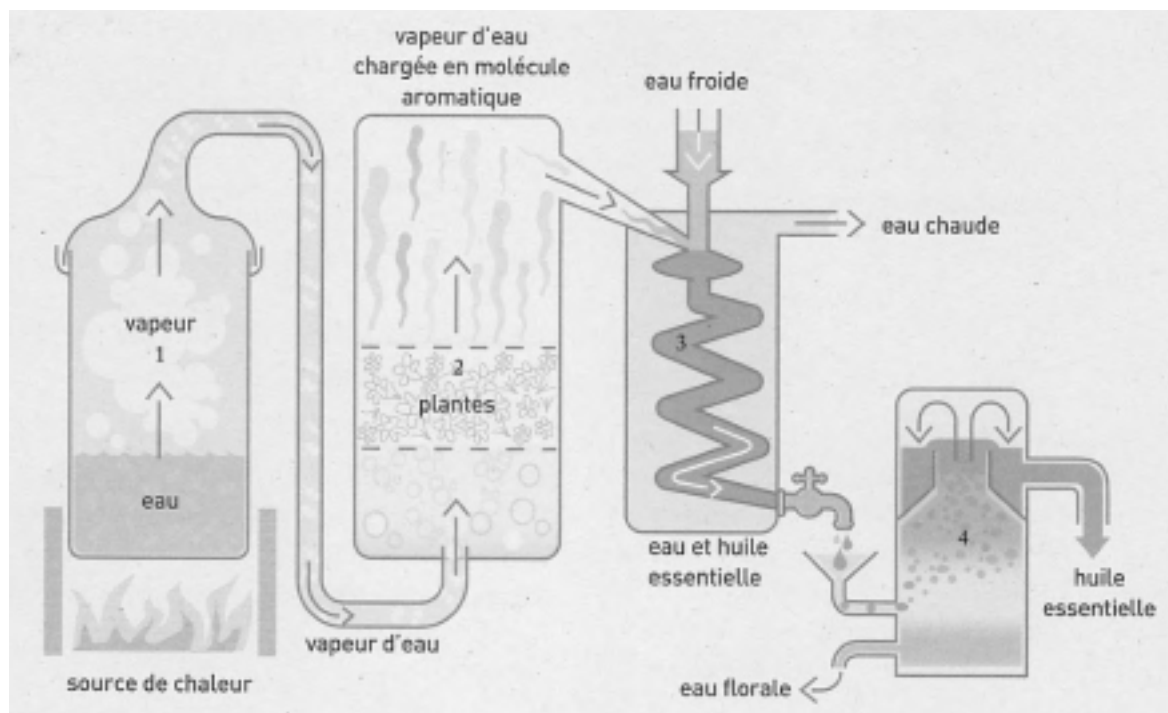


Figure 1 : Schéma d'un alambic au cours d'une distillation par entrainement à la vapeur

Une autre pratique utilisée est l'extraction par pression à froid. Ce procédé offre un rendement plus faible que les deux précédents mais ne nécessite pas de chauffage. Il est cependant peu utilisé car il ne s'applique qu'aux écorces ou aux fruits. **(9)**

Le système à macération n'est utilisé qu'en cosmétique. Il consiste à mettre en contact les parties nobles des plantes (fleur, pétales,...) avec des huiles "neutres" (type amande douce) pour obtenir ensuite des huiles aromatisées.

La dernière technique est l'extraction au CO₂ supercritique (Figure 2). Du CO₂ est utilisé dans des conditions de pression et de température particulières (ni liquide, ni gazeux) lui conférant un excellent pouvoir d'extraction. C'est cette technique qui donne les huiles essentielles les plus pures car elle est moins dégradante que la vapeur d'eau. Mais c'est encore un dispositif très imposant et très onéreux donc peu répandu. **(10)**

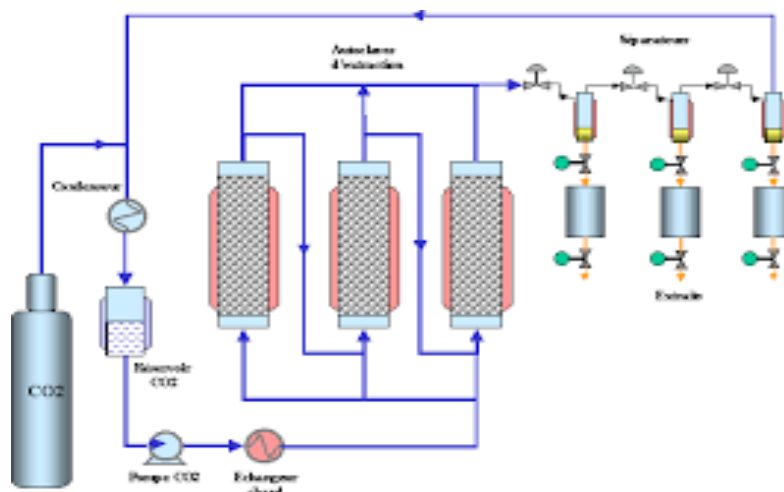


Figure 2 : Schéma de l'extraction des huiles essentielles par CO2 supercritique

C. Les huiles essentielles en santé animale

1. Les voies d'administration

Les huiles essentielles ont différents modes d'action selon leur mode d'administration :

- **Par inhalation** : Les huiles essentielles agissent au niveau cérébral sur des récepteurs essentiellement olfactifs et également au niveau des poumons des animaux. Cette voie est utilisée lorsque l'effectif d'animaux à traiter est important évitant ainsi leur manipulation individuelle. Elle a l'avantage de permettre l'administration de mélanges aux propriétés variées telles que les huiles essentielles anti-infectieuses, calmantes, antiseptiques ou insectifuges. Mais l'exploitation doit posséder des locaux à ventilation contrôlée ce qui peut représenter un coût.
- **Par ingestion** : Il s'agit du mode d'action le plus efficace après l'injection directe. Cependant le pH très acide au niveau de l'estomac mais aussi des phénomènes d'oxydation entraîne des dégradations ou des modifications d'une grande partie des huiles essentielles. Les pertes lors du passage dans l'estomac sont estimées à 40% de la dose ingérée. Il est donc nécessaire de prendre en compte cette perte métabolique lors du calcul de la dose à administrer.

- **Par voie cutanée** : La peau étant perméable aux huiles essentielles, elles pourront la traverser par simple frottement sans subir de modification lors du transfert cutané. Cependant, à forte concentration, les huiles essentielles peuvent être très corrosives pour la peau. On peut donc les diluer dans des huiles végétales. En revanche, des huiles essentielles très toxiques par voie buccale (comme la sauge officinale) possèdent une toxicité moindre quand elles sont administrées en massage sur la peau.

- **Par voie colorectale** : Cette méthode d'administration entraîne peu de modifications de la structure et donc des propriétés des huiles essentielles. Il est cependant nécessaire, lors du calcul des doses à administrer, que les muqueuses ne soient pas agressées par les huiles essentielles utilisées (pouvoir corrosif). Cette méthode est bien utilisée dans les élevages de ruminants, elle permet une bonne imprégnation des poumons, dans le cas de pathologies respiratoires.

Autres voies accessoires : Les huiles essentielles peuvent également être administrées par voie intra mammaire ou par voie intra-utérine. (9)

2. Quelle posologie pour quelle pathologie en santé animale

De manière générale, la biotransformation des huiles essentielles dans l'organisme est assurée par des enzymes de détoxification, principalement les cytochromes à P450. Les métabolites issus de cette biotransformation sont alors éliminés principalement dans les urines.

Pour utiliser des huiles essentielles en santé animale, il ne suffit pas de remplacer une molécule de synthèse par une molécule naturelle. Des tests *in vitro* sur germes isolés permettent de sélectionner les huiles essentielles les plus bactéricides et de déterminer les doses efficaces. Mais souvent, *in vivo*, ces doses se révèlent agressives pour les animaux malades et peuvent aggraver la pathologie à traiter. Elles sont donc en général employées à des doses cent fois plus faibles que celles estimées en laboratoire. A ces doses, les huiles essentielles n'agissent pas directement sur le germe mais stimulent les moyens de défense de l'organisme. Elles peuvent également réguler ou stimuler d'autres mécanismes réactionnels.

Par exemple, lors du traitement des mammites grâce aux huiles essentielles, il a été démontré, sur des essais contrôlés, que différents types de cellules immunitaires intervenaient. Les huiles essentielles, ayant pourtant des propriétés antibactériennes, n'ont ici aucune action directe sur le germe, mais stimulent les défenses immunitaires de l'animal au niveau de la mamelle.

Les huiles essentielles peuvent également être utilisées pour le traitement des strongles gastro-intestinaux chez l'agneau. Après administration d'huile essentielle par voie buccale pendant 2

jours consécutifs, il a été mis en évidence une réduction progressive et tardive de la ponte des parasites. Cette diminution perdure sur plusieurs semaines jusqu'à un arrêt complet et durable, correspondant à un mécanisme immunitaire induit par les huiles essentielles. (9)

Voici ici un bref panorama des différentes huiles essentielles pouvant être utilisées en élevage ainsi que leurs spécificités et zones d'actions (Tableau 1).

Tableau 1 : Exemples de différentes huiles essentielles utilisées en élevage, de leur action et de leur zone d'utilisation	Type d'action	Zone d'action
(11) Huile Essentielle		
Manuka (huile essentielle de <i>Lep-tospermum scoparium</i>)	Anti-inflammatoires	Lait
Eucalyptus citronné (huile essentielle d' <i>Eucalyptus citriodora</i>)	Anti-inflammatoires	Mamelle
ALitsée (huile essentielle de <i>Lit-seacitrata</i>)	Anti-inflammatoires	Non Renseigné

II.1. Contrôle des mammites par l'aromathérapie.

- **Maître d'œuvre**: Fédération Régionale des Agrobiologistes de Bretagne (FRAB).
- **Partenaires**: GAB56, un éleveur laitier.
- **Comité de pilotage**: École Vétérinaire de Nantes (ENVN), Institut de l'Élevage Pole Herbivores recherche appliquée des Chambres d'Agriculture de Bretagne, GAB44.
- **Durée du programme** : 5^{ème} année / 6 années

II.1.1. Contexte et enjeux de l'action

Le cahier des charges de l'Agriculture Biologique préconise le recours préférentiel aux méthodes de traitements naturelles (phytothérapie, homéopathie, aromathérapie...) lors de maladies dans un élevage. Dans le cas des mammites cliniques, l'antibiothérapie montre ses limites (environ 50% de guérison) et les résistances bactériennes sont de plus en plus fréquentes.

Parmi les méthodes "alternatives", l'aromathérapie est d'un grand intérêt puisque les propriétés antibactériennes et anti-inflammatoires des nombreuses huiles essentielles sont déjà scientifiquement prouvées, en particulier en médecine humaine. Cette étude répond ainsi à une forte demande de la part des éleveurs agrobiologiques bretons, soucieux de pouvoir utiliser un produit dont l'efficacité s'appuie sur des résultats concrets et répondant à leur cahier des charges.

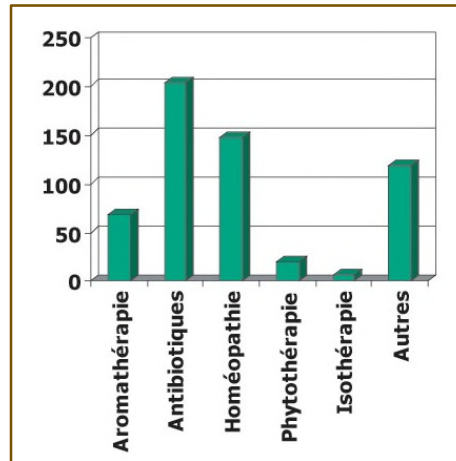
II.1.2.Objectifs

L'objectif de cette étude était des affranchir de l'utilisation des antibiotiques dans le traitement des mammites. À partir d'un recensement des pratiques de soins alternatifs utilisés par les éleveurs biologiques bretons, ils agissaient de proposer un protocole adapté à la demande. Ce premier travail a permis de définir les attentes des éleveurs et donc le type de traitement en termes de modalité d'application (massage ou intra-mammaire) et de type d'huiles utilisées. L'efficacité du traitement a ensuite été évaluée étant sur le plan bactériologique que clinique sur le terrain. En fonction des résultats, le protocole a été amélioré chaque année a fin de rechercher une efficacité avérée selon un protocole standardisé.

II.1.3. Dispositif expérimental

Recensement des pratiques des éleveurs en 2005

En 2005, une enquête auprès des 290 producteurs bretons délaix Bioamonné que les protocoles de traitement sont très variés selon les élevages (mode d'application, type d'huile, association avec d'autres méthodes telles que l'homéopathie). L'aromathérapie est le plus souvent utilisée par voie externe (massage, cataplasmes), les produits utilisables par voie intra-mammaire étant peu nombreux et peu efficaces. C'est donc cette voie intra-mammaire très peu utilisée qui a été choisie pour la suite de notre expérimentation.



Graphique1 : Méthodes de traitements des mammites utilisées par les 252 éleveurs bretons ayant répondu à l'enquête. 197/252 utilisent plusieurs méthodes pour traiter une mammite.

2006: mélange de 3 huiles essentielles (thym, romarin et laurier) à 1,5%.

II.1.4. Sélection des huiles

Le premier critère de choix des huiles a été la réglementation fixée par l'annexe 2 du règlement 2377/90 CEE qui donne "la liste de substances pour lesquelles il n'apparaît pas nécessaire [...] de fixer des limites maximales de résidus". [Pinault L.] [Kammerer M. et Pinault L.]. Les autres critères concernaient les propriétés et contre-indications des huiles: élimination des huiles essentielles ayant des propriétés nocives pour l'animal (abortives) et sélection à partir de la bibliographie existante et des conseils de vétérinaire aromathérapeutes des huiles ayant des propriétés antibactériennes et anti-inflammatoires utilisables lors de mammites.

Les huiles sélectionnées sont:

- Le laurier: *Laurus nobilis*, notamment pour ses effets antalgiques et bactéricides,
- Le thym: *Thymus vulgaris* pour ses propriétés bactéricides et immunostimulantes,
- Le romarin: *Romarin usofficinalis* pour son effet bactéricide et anti-inflammatoire.

II.1.5. Le traitement

Après détection de la mammite, l'éleveur doit vidanger le quartier infecté, désinfecter le trayon et réaliser la première injection du mélange. Ceci est répété sur les 3 traites suivantes, puis l'efficacité du traitement est évaluée. Si la vache n'est pas guérie, l'éleveur choi-

sit de poursuivre le traitement avec 2 injections supplémentaires d'huiles essentielles, ou avec un traitement antibiotique si l'amélioration n'est pas jugée suffisante.

II.1.6. Test de l'efficacité du mélange

Ce mélange a été administré par voie intra-mammaire pour le traitement de 55 mammites réparties sur 12 élevages bretons volontaires. Des fiches cliniques remplies par les éleveurs et des analyses bactériologiques réalisées en laboratoire à partir d'échantillons prélevés par les éleveurs ont permis d'évaluer l'efficacité du traitement. Les résultats sont donnés respectivement 42% de guérisons cliniques et 44% de guérisons bactériologiques. Devant cette faible efficacité antibactérienne, le comité de pilotage a proposé de tester un nouveau mélange composé de 2 huiles à une concentration de 6%.

Les aromagrammes ayant conduit à suspecter un possible phénomène d'inhibition des huiles entre elles, nous avons limité le nouveau mélange à deux huiles : le thym (*Thymus vulgaris*) pour ses propriétés bactéricides et le romarin (*Rosmarinus officinalis* à verbenone) pour son activité anti-inflammatoire. Constatant la très bonne tolérance du mélange testé en 2006, mais l'absence le plus souvent de guérison bactériologique des mammites traitées, nous avons augmenté la concentration de chaque huile de 1,5 à 6%. Ces huiles qui étaient déjà utilisées en 2006, font parties de l'annexe 2 du Règlement CEE n°2092/91, c'est-à-dire qu'elles peuvent être administrées sans entraîner la présence de résidus toxiques pour le consommateur.



Figure 03 : application du mélange.

2007: mélange de 2 huiles (thym et romarin) dosé à 6 %.

Les résultats sont montrés respectivement 35% de guérisons cliniques et 32% de guérisons bactériologiques. Nous avons toujours une très bonne tolérance du traitement par les

animaux, mais la très bonne efficacité obtenue en laboratoire ne se retrouve pas dans la mamelle. Pour améliorer la diffusion des principes actifs dans la mamelle, nous avons utilisé un excipient naturel (les olubol) au détriment de l'huile végétale. La concentration des 2 huiles a été modifiée en augmentant la concentration de l'huile essentielle aux propriétés antibactériennes.

2008: mélange de 2 huiles dosées à 10% pour le thym et 5% pour le romarin.

II. 1.7. L'efficacité in vitro

L'activité antibactérienne du mélange des 2 huiles a été testée in vitro avec des dilutions successives pour déterminer les Concentrations Minimales Inhibitrices (CMI). Il s'agit d'une analyse qui permet de déterminer la plus faible concentration de mélange pouvant inhiber la bactérie *Streptococcus uberis* considérée comme limitant d'après les résultats obtenus en 2007. Cette expérience a été réalisée en milieu nutritif gélosé (TODD) et dans du lait. Nous avons deux modalités pour chaque culture : culture seule et culture avec addition de la préparation à base d'huiles essentielles, et nous obtenons les résultats suivants:

Dilution de la culture bactérienne	TODD	TODD+HE	Lait	Lait+HE
Pur	>	0	>	>
10-3	35	0	>	>
10-4	3	0	42	10
Nombre de bactéries présentes dans la culture	3,5.10 ⁷ /ml	0	4,2. 10 ⁸	1. 10 ⁸ b

Tableau 02 : Dénombrements des bactéries à T24 h pour la souche Strepto

(Trop nombreux pour être dénombrés)

Nous constatons que dans le lait, les huiles essentielles ne permettent pas la disparition des bactéries: les principes actifs des huiles essentielles sont inhibés dans le milieu lacté . Un cas "similaire" a été relevé dans la littérature: les principes actifs du thé ont inhibés (ou modifiés) en présence de lait (BE Allemagne N°318 -Ambassade de France en Allemagne), de la même façon que les principes actifs des huiles essentielles. Il se pourrait que les caséines du lait agissent en formant des complexes avec les principes actifs et en modifient leur action.

II.1.8. L'efficacité in vivo

Les résultats ont montré 33% de guérisons cliniques. Les analyses bactériologiques n'ont pas été reconduites en raison de leur coût et de leur difficile interprétation (élimination progressive des bactéries par la congélation).

II.1.9. Conclusion

Ce troisième mélange d'huiles essentielles n'a pas apporté d'améliorations significatives par rapport aux 2 précédents. L'analyse in vitro explique ce résultat par une efficacité antibactérienne de nos huiles essentielles très forte sur milieu gélosé et nulle dans le lait. Nous avons donc cherché à approfondir l'hypothèse d'une inhibition des principes actifs des huiles essentielles dans le lait en testant en laboratoire d'autres huiles ayant des propriétés antibactériennes.

Protocole 2009

II.1.10. La sélection des huiles

A partir de la bibliographie existante et d'échanges avec différents vétérinaires et naturopathes, nous avons sélectionné les 4 huiles suivantes pour leurs propriétés anti bactériennes:

- HE Satureja Montana 10% en solubol
- HE Ravinsara 10% en solubol
- HE Thymus Linolo 10% en solubol
- HE Tea Tree 10% en solubol

II.1.11. L'analyse de l'efficacité antibactérienne

L'efficacité antibactérienne de ces huiles a été testée sur 3 germes et 2 souches différentes de chaque germe pour des concentrations décroissantes de chaque huile.

Streptococcus Uberis, Streptococcus Dysgalactiae, Staphylococcus Auréus.

Cette efficacité a été testée sur milieu gélosé, et sur 2 milieux lactés (lait UHT et lait cru).

II.1.12. Résultat set commentaires

L'analyse des résultats a permis de comparer l'activité antibactérienne dans le milieu gélosé et dans le lait. La croissance bactérienne est inhibée dans le milieu gélosé mais ne l'est pas dans le milieu lacté, avec ou sans huile, même en multipliant par 10l eur concentration par rapport à celle supposée dans la mamelle. L'injection intra-mammaire de ces huiles ne permet donc pas d'éliminer les germes. Les 33% de guérison s'expliquent par le phénomène d'auto guérison et par les propriétés anti inflammatoire des huiles qui favorisent la guérison.

Notre approche de type "allopathique" est donc remise en cause si ce phénomène d'inhibition se retrouve dans toutes les huiles ayant des propriétés antibactériennes.

II.1.13. L'étude bibliographique

Des contacts ont été pris avec des vétérinaires aromathérapeutes pour faire part de ces résultats et envisager un nouveau protocole (Françoise Heitz, Jean-Marie Pelt, Jacques Florentin, Chaumon). L'étude menée par l'ADAGE" Les antibiotiques c'est pas automatique, même pour les mammites "sera suivie au GAB 56 par quelques éleveurs et le technicien. Prenant en compte les résultats de notre expérimentation, l'étude ADAGE est réalisée en extra-mammaire.

II.2.1. Aromathérapie

Des huiles essentielles contre les mammites.



Figure 04 : Mammite clinique.

L'Adage, qui regroupe une centaine d'éleveurs d'Ille-et-Vilaine dont le système fourrage économe en intrants repose sur l'herbe pâturée, a engagé depuis 2008 des expérimentations autour de l'utilisation des huiles essentielles pour soigner les vaches.

Leurs objectifs : diminuer voire supprimer l'usage des antibiotiques, diminuer les coûts vétérinaires, trouver des moyens moins intrusifs que les seringues intra mammaires ou intramusculaires.

Pour faciliter la prise en main de cette nouvelle médecine, il est décidé de se focaliser en premier lieu sur une pathologie récurrente en élevage laitier : les mammites.

Une expérimentation en laboratoire permet de mettre en évidence la sensibilité des germes pathogènes isolés dans le lait à trois huiles essentielles : *Litsea citrata* (Litsée), *Cymbopogon martinii* (Palmarosa), et *Leptospermum scoparium* (Manuka). Ces huiles ayant été testées par de nombreux éleveurs de l'Adage, le vétérinaire Loïc Jouët les a suivis afin d'évaluer les effets sur l'évolution des taux cellulaires dans les élevages.

Cinq élevages ont été suivis dont trois en agriculture biologique. 74 vaches ont été observées dont 53 en première mammite et 21 en rechute. Délivrées sur ordonnance par un cabinet vétérinaire, les huiles étaient appliquées sur la mamelle, diluées à une concentration de 10% dans une huile végétale.

Chaque huile était utilisée à raison de 5ml de la préparation matin et soir sur la mamelle. En cas d'inflammation, Litsée (anti-inflammatoire) était d'abord appliquée pendant 1 à 2 jours ; puis Palmarosa (anti-infectieux) pendant 4 jours ; puis Manuka (anti-infectieux) pendant 4 jours.

II.2.2. Résultats intéressants à prendre avec précaution

Chez les vaches en première mammite, une baisse du taux cellulaire en dessous de 200000 cellules/ml a été constatée dans 60% des cas. Mais les taux cellulaires sont restés élevés dans 34% des cas.

Chez les vaches en rechute, les taux cellulaires sont restés élevés dans 62% des cas. Dans 33% des cas, ils ont diminué tout en restant supérieurs à 200000 cellules/ml.

Les meilleurs résultats sont donc obtenus chez les vaches en première mammite, avec néanmoins des variations du taux de réussite selon les élevages.

Il semble que la précocité du traitement influence le résultat, de la même façon que pour les antibiotiques.

L'Adage souligne que cette expérimentation ne constitue pas un essai clinique, qui demanderait des moyens très supérieurs : **il s'agit davantage d'un essai empirique.** En outre, une amélioration cellulaire ne signifie pas une guérison bactériologique, et les chiffres obtenus ne tiennent pas compte de la pathogénicité des germes.

Ces résultats sont intéressants mais des précautions sont à prendre dans l'interprétation. **Dans l'approche Adage, nous n'utilisons pas le même protocole selon les différentes mammites.** Les huiles essentielles sont en général utilisées pures et non diluées, et les points d'application diffèrent selon l'huile utilisée. Sur les rechutes, il convient d'intervenir sur un rééquilibrage global de l'animal, et donc de bien individualiser le traitement.

Encouragée par ces observations, l'Adage a l'intention de continuer à rechercher des protocoles plus performants. **Sur le terrain, des critères complémentaires peuvent être pris en compte (bactériologie, aspect du lait et des caillies, comportement de l'animal) afin notamment d'individualiser les protocoles de soins.**

Suite à la publication au début de l'année d'un décret précisant que l'utilisation de plantes concentrées à vocation thérapeutique est soumise à AMM (autorisation de mise sur le marché) et doit respecter des délais de précaution pour la consommation du lait et de la viande, la recherche du transfert des composés actifs d'huiles essentielles dans les produits animaux doit aussi se poursuivre.

II.2.3. Les Protocoles De Traitements

- Pathologies des mamelles
- Mammites
- **Massage du cartier 2 fois/jour après la traite**

Tableau 03 : Aromathérapie - **complexe d'HE de :**

	Vaches	Brebis
C.O.G.A.	30 gouttes	6 gouttes
Teatree	20 gouttes	4 gouttes
Palmarosa	20 gouttes	4 gouttes
Eucalyptus citronné	30 gouttes	6 gouttes
Laurier	10 gouttes	2 gouttes
Menthe poivrée	20 gouttes	4 gouttes

- **Dans : Huile de tournesol 10ml**

Drainage phyto hépatorénal ou détoxication par voie orale : artichaut, chardon marie, pissenlit, ortie, verge d’or, orthosiphon

Taux de cellules élevés

Phytothérapie: Echinacée, thym 1/jour pendant 10 jours.

Tableau 04 : Aromathérapie - **complexe d'HE de :**

	Vaches	Brebis
Teatree	40 gouttes	8 gouttes
Palmarosa	40 gouttes	8 gouttes
C.O.G.A	20 gouttes	4 gouttes
Ravintsara	40 gouttes	8 gouttes

Dans: 2 cuillères à soupe d'huile végétale.

- **Œdème mammaire**

Phytothérapie: mélange détoxiquant + épine-vinette et marron d'Inde.

Tableau 05 : Aromathérapie- **complexe d'HE de :**

	Vaches	Brebis
Cyprès	30 gouttes	6 gouttes
Niaouli	30 gouttes	6 gouttes
Menthe poivrée	10 gouttes	2 gouttes

Dans: 5 cuillères à soupe d'huile et masser matin et soir

- **Plaies, gerçures, ulcères des trayons**

Aromathérapie - complexe d'HE de :

TM Souci 3 ml

TM Consoude 3 ml

EF Achillée millefeuille 3 ml

Lavandin 4 ml

Géranium 3 ml

Tea Tree 3 ml

Palmarosa 3 ml

Niaouli 3 ml

Ravintsara 2 ml

C.O.G.A 2 ml **Dans: 80 grammes de lanovaseline /de graisse à traire**

- **Verrues des trayons**

Aromathérapie - complexe d'HE de :

C.O.G.A 2 ml

Lavandin 3 ml

Appliquer pur à la coton tige ou au pinceau pour brûler les verrues, une fois par jour.

II. 3.1. Protocole

La sélection des huiles

La sélection des 3 huiles s'est faite à partir des éléments suivants:

- La réglementation fixée par l'annexe 2 du règlement 2377/90 CEE : 19 huiles essentielles pouvant être administrées à toutes les espèces productrices d'aliments pour lesquelles il n'est pas nécessaire de fixer les limites maximales de résidus.
- Les propriétés et contre-indications des huiles: élimination des huiles essentielles ayant des propriétés nocives pour l'animal (abortives) et sélection à partir de la bibliographie existante et des conseils de vétérinaire sa romathérapeutes des huiles ayant des propriétés antibactériennes et anti-inflammatoires utilisables lors de mammites.

Les huiles sélectionnées sont:

- Lelaurier (*Laurus nobilis*) notamment pour ses effets antalgiques et bactéricides,
- Lethym (*Thymus vulgaris*) pour ses propriétés bactéricides et immunostimulantes,
- Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) pour également son effet Bactéricide mais aussi cicatrisant.

Le choix de ces trois huiles et leur dosage ont été confirmés grâce à l'analyse de leur activité in vitro (aromathogramme). Les souches bactériennes les plus fréquentes isolées lors de mammites cliniques (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis* et *Escherichia coli* ainsi que *Streptococcus agalactiae* et *dysgalactiae*) ont été mises en contact avec chacune des huiles et avec le mélange.

Tableau 06 : La sélection des huiles selon la bacterie (03 huiles).

	Thymussatureoïdes	Laurusnobilis	Rosmarinus officinalis	Mélange
E.coli	++	R	+	+
Staph.aureus	S	S	S	S
Strep.uberis	S	S	S	S
Strep.agalactiae	S	++	S	S
Strep.dysgalactiae	S	++	S	S

R: germe résistant.

+ : diamètre d'inhibition de 7 à 8 mm.

++: Diamètre d'inhibition de 9 à 10 mm.

S: diamètre d'inhibition supérieur à 10 mm. Le germe est sensible à l'huile.

On constate une très bonne sensibilité de la souche de *Staphylococcus aureus* et une

sensibilité moyenne des streptocoques. *Escherichia coli* de meure très peu sensible, ce qui montre que les mammites aiguës, c'est-à-dire avec des signes cliniques marqués, ne doivent pas être incluses dans le protocole.

II.3.2. Le suivi des mammites

Le diagnostic d'une mammite étant établi par le trayeur, la décision lui appartient de démarrer le protocole sachant qu'il était fortement conseillé de traiter uniquement les mammites légères sa fin de ne pas mettre en péril la santé des vaches. Après détection de la mammite, l'éleveur vidange le quartier et réalise la première injection selon les bonnes pratiques usuelles de propreté.

Cette administration se fait toutes les douze heures durant 48 heures, soit 4 injections au total. L'efficacité du traitement, est alors évaluée. Soit l'éleveur estime que la vache est guérie et arrête le traitement soit il poursuit avec deux injections supplémentaires d'huiles essentielles ou passe directement aux antibiotiques s'il considère que le mélange d'huile n'a pas apporté d'amélioration suffisante.

Pour le suivi clinique: l'éleveur remplit une fiche clinique pour évaluer la santé de chaque animal au cours du traitement, et ceci à 4 reprises (au moment de la découverte de la mammite, à 48 h, 96 h et 5 jours après le dernier traitement). Les critères décrits correspondent à des critères généraux de l'état de santé de l'animal (la température corporelle, la rumination, l'alimentation, la durée du couchage de l'animal) et à des critères de description de la mamelle (couleur, douleur, volume, lésion, etc.) et du lait (couleur, aspect, odeur, quantité).

Le suivi bactériologique est permis par une série de deux prélèvements lactés par quartier atteint. Ils ont tous deux effectués par le trayeur, le premier au moment de la découverte de la mammite et le second 5 jours après la dernière injection de la préparation. Ces échantillons sont conservés au congélateur avant d'être analysés en laboratoire.

II.3.3. Les résultats

On note une très bonne tolérance du traitement puisque sur 55 mammites traitées avec le mélange des huiles essentielles, une seule vache a présenté des symptômes aggravés. L'inclusion dans le protocole de vaches mammitieuses présentant une **atteinte de l'état général** avait été déconseillée aux éleveurs. Seules 2 cas sur 55 présentaient de tels symptômes, à savoir une diminution de la rumination et de la prise alimentaire. La population étudiée est donc très homogène sur ce critère.

42% de guérisons cliniques:

Le tableau ci-après montre la proportion des différents traitements pour les quels les éleveurs sont opté. Le recours à une thérapeutique de seconde intention représente 38% des cas ce qui correspond évidemment à l'échec du traitement étudié.

Tableau 07 : étude suivie des mammites

Types de traitements mis en œuvre	Nbre de vaches infectées
Traitements exclusivement avec les huiles essentielles ayant guéri cliniquement	23
Traitements s'exclusivement avec les huiles essentielles n'ayant pas guéri cliniquement	11
Traitements complétés par une seconde intention:* - Dont 2 en pratiques alternatives - et 19 avec des antibiotiques intra-mammaire	21

- On observe donc 23 guérisons cliniques finales après sa dministration exclusive de la préparation d'huiles essentielles; soit 42% de réussites cliniques. P

Parmi ces 23 **guérisons cliniques finales**, 4 quartiers sont rechuté.

- Parmi ces 4 rechutes, 3 ont eu lieu un mois après l'arrêt des huiles essentielles. Deux d'entre elles ont été traitées au moyen d'une préparation d'antibiotiques. Une rechute a eu lieu 6 jours après l'arrêt du traitement. Cette récurrence a été traitée avec un produit homéopathique Bionature®, et a abouti à la guérison clinique du quartier.

- 19 traitements à base d'huiles essentielles ont du être complétés par l'utilisation en **seconde intention** de préparations antibiotiques et sont donc par conséquent considérés comme des échecs cliniques.

44% de guérisons bactériologiques:

En raison des oublis et du manque d'hygiène pour la réalisation des prélèvements,

seul un échantillon sur trois était interprétable pour évaluer l'efficacité du traitement administré. Le taux de 44% de **guérison bactériologique** des mammites cliniques n'ayant reçu que le traitement à base d'huiles essentielles n'est donc pas significatif car il est calculé sur un faible effectif.

Ce résultat n'est pas satisfaisant si on le compare au taux de guérison obtenu à partir des spécialités antibiotiques intra-mammaires qui s'échelonne de 40 à 70% (Wilson et al., 1986). Et il est encore moins satisfaisant si on considère un taux de guérisons spontanées de l'ordre de 20 % (Sandholm M et al. 1990).

Répartition des germes isolés:

4 espèces de germes différents ont été isolés: les streptocoques, les staphylocoques, les entérobactéries et *Corynebacterium bovis*.

Le germe le plus souvent identifié est *Streptococcus uberis* (55%) suivi de *Staphylococcus aureus* (22%). Le mélange étudié a entraîné une guérison bactériologique sur deux pour *S.uberis* et 100% d'échec pour *S.aureus* qui semble être le pathogène majeur le plus réfractaire à la préparation étudiée. Mais cela reste une hypothèse car aucune conclusion ne peut être tirée d'un si petit échantillon de chaque germe. Cependant, **cette tendance se retrouve avec les antibiotiques intra-mammaires ou le taux de guérison bactériologique** est en général plus faible pour *S. aureus* que pour *S. uberis*, souvent en raison de problème de contact du principe actif sur cette bactérie ayant la capacité de s'enkyster dans le parenchyme mammaire (Wilson CD. et al. 1986).

Etude des résidus: sur 11 échantillons prélevés 12 heures après la dernière injection du mélange, 2 présentaient des taux de 11 et 3 ppm pour le Thymol et les 9 autres échantillons étaient vierges. L'interprétation est délicate sur un si faible échantillon, mais il semble que les taux résiduels après administration soient faibles.

II.3.4. Conclusion

Cette étude avait pour objectif de faire avancer les connaissances sur les huiles essentielles en s'appuyant sur des données plus fiables en terme d'efficacité et d'innocuité, tant pour l'animal que pour le consommateur.

Elle conforte l'idée que l'aromathérapie pourrait dans certains cas représenter une alternative à l'antibiothérapie et apporter un plus, non seulement aux éleveurs agrobiologiques,

mais également aux éleveurs conventionnels, puisqu'il apparaît indispensable de limiter le recours aux antibiotiques afin de diminuer les risques de résidus d'antibiotiques dans le lait. A notre connaissance, très peu de publications françaises présentent des résultats thérapeutiques de l'utilisation de l'aromathérapie.

Notre expérimentation montre un pourcentage de succès clinique et bactériologique inférieur aux espérances laissées par l'aromatogramme initial. On était en droit de craindre un effet irritant sur la muqueuse du trayon ou le tissu mammaire car les huiles essentielles, en particulier l'huile de thym, sont riches en phénols lesquels sont responsables en grande partie de l'activité antibactérienne.

La très bonne tolérance du mélange intra-mammaire et sa trop faible expression antibactérienne nous permettent d'envisager une nouvelle formulation afin d'optimiser les potentialités thérapeutiques des huiles essentielles. Sur la base d'une concentration plus élevée en principes actifs, un nouveau mélange intra mammaire sera testé en 2007.

II.4.1. Les huiles essentielles sont efficaces contre les mammites, mais il n'y a pas de recette unique !

Les huiles essentielles peuvent donner des résultats aussi bons que les antibiotiques sur le traitement des mammites. Et leurs possibilités ne s'arrêtent sans doute pas là. Encore faut-il apprendre à les utiliser à bon escient. Les éleveurs de l'ADAGE ont exposé les résultats de leurs expérimentations à la cinquantaine de personnes venues à la soirée d'information à Plérin. Attention cependant, l'utilisation des huiles essentielles exige une formation spécifique et un goût certain pour l'observation et l'expérimentation.

L'huile essentielle peut et réappliquée sur l'épi de la vache. Pour utiliser les huiles essentielles sans danger, une formation de trois jours est prévue pour septembre. "Après un article dans l'Eleveur laitier, j'ai eu plein de coups de fil d'éleveurs qui voulaient que je leur donne une recette pour soigner les mammites. Mais les huiles essentielles, ça marche pas comme cela, on ne peut pas les utiliser comme les antibiotiques!" Jean-Paul Renault.

Éleveur à l'Adage n'entend pas apporter LA solution pour soigner les mammites, mais témoigner de l'expérience acquise par les éleveurs de l'Adage. Il donne néanmoins quelques pistes de travail, à approfondir lors d'une formation, et à travailler en groupe.

II.4.2. Application en massage ou sur l'épi.

Trois huiles essentielles ont été identifiées en laboratoire 100% efficaces sur les germes retrouvés. Ces huiles sont aujourd'hui testées in vivo par les éleveurs au dosage suivant : listea-citrata (10 gouttes), thymus vulgaris à thymol (4 gouttes, car attention cette huile contient du phénol), leptospermum scoparium (10 gouttes). Elles viennent s'ajouter aux sept autres huiles essentielles utilisées en mélange puis seules par les éleveurs.

Les huiles essentielles (HE) sont appliquées soit en massage sur la mamelle, soit en application sur l'échine de la vache 2. Pour le massage, Jean-Paul Renault utilise un gel neutre avec 15% de cétiol, mélangé aux gouttes d'huiles essentielles : "ça pénètre mieux dans la mamelle, et le massage permet de bien suivre l'évolution de l'inflammation". Mais quelles conséquences du contact de l'huile essentielle sur l'homme ? "Selon Michel Derval Aromatologue en médecine humaine qui suit les éleveurs, il n'y a pas de risque. Néanmoins, on peut aussi appliquer les HE sur l'épi de la bête". Cette modalité semble donner les mêmes résultats, et évite tout contact de l'opérateur avec l'huile essentielle.

Le traitement doit durer au minimum 7 jours, mieux 10 jours. Mieux vaut utiliser les huiles en pur (l'une après l'autre : 2 jours l'une, puis l'autre...) qu'en mélange : les résultats sont meilleurs. Mieux vaut aussi connaître les propriétés des huiles essentielles : Listea-citrata et Eucalyptus citriodora sont par exemple des huiles essentielles qui ont une forte action anti-inflammatoire, thymus vulgaris à thymol, qui contient du phénol, agit plutôt sur le germe, tandis que leptospermum scoparium a une action contre la toxémie.

Le résultat sur l'inflammation est immédiat: "quand on a fait le choix de la bonne huile essentielle, on voit un effet dans les deux heures qui suivent! Dans tous les cas, s'il n'y a pas de résultat visible au bout de deux traites, c'est que je me suis planté!", confirme Gaëtan Marquet, adhérent de l'Adage.

10 à 12 huiles différentes pour les mammites

Car le choix de l'huile essentielle à utiliser n'est pas automatique: "on choisit en fonction du type de mammite, mais aussi en fonction de l'histoire de la vache, et de l'élevage!". Et de citer l'exemple d'un éleveur qui avait fait des prélèvements sur 3 vaches à mammites, et qui avait constaté avec stupeur que les huiles essentielles qui semblaient efficace sen laboratoire soignaient habituellement les syndromes respiratoires! "En creusant un peu, on a fait le lien avec un passage de toux quelles génisses connaissent souvent sur son élevage, en lien avec un changement de bâtiment ".Le protocole de soin des mammites a donc été adapté pour cet éle-

vage. "Les huiles essentielles, dit Mathil de Boutin, animatrice à l'Adage, agissent en effet sur trois aspects: contre le germe, sur la toxémie et en plus sur le terrain de chaque vache, c'est-à-dire sur ses équilibres immunitaire, métabolique, énergétique...". En gros les éleveurs utilisent 10 à 12 huiles différentes pour les soins des mammites.

L'utilisation des huiles essentielles est donc nécessairement différente de celle des antibiotiques qui n'agissent que contre le germe, et elle nécessite d'observer ses vaches et de porter une attention nouvelle à son troupeau dans toute sa globalité.

Des éleveurs de l'Adage ont ainsi parallèlement modifié l'alimentation de leurs vaches (du foin distribué au corna dis en fin de traite avant l'ensilage), changé la façon de nettoyer les pis avant la traite (certains ont adopté le procédé suisse de la laine de bois (Agro Clean), qui permet un lavage du pis des vaches à sec), et renoncé aux produits de trempage élaborés, "lesturboetleeffetsFlashquisoulagentseulementleporte-monnaie, qui ont pour effet de casser tout la flore et de créer des résistances".

Les résultats sur les frais vétérinaires sont positifs, mais "il est trop tôt pour en tirer des conclusions". Reste que le coût de traitement d'une mammite est beaucoup plus faible avec les huiles essentielles : 2,22 euros en moyenne pour un traitement de 10 jours, et un lait écarté pendant seulement 4 traites, du fait de la mammite elle-même. Certains éleveurs se sont aussi lancés sur d'autres pathologies : sur les métrites, par des injections par voie utérine, avec "des résultats étonnants", ou sur les diarrhées des veaux.

Les possibilités ne manquent pas, mais demandent une formation préalable des agriculteurs. Le CEDAPA, associé au GAB, prévoit d'organiser une session de 3 jours à partir de septembre (l'intervenant n'étant pas disponible avant). Le groupe pourra ainsi profiter des avancées déjà réalisées par les éleveurs de l'Adage.

Nathalie Gouérec, Cedapa.

Thymus saturé oïdes à bornéol, Rosmarinus officinalis à verbénone, Anibarosaeodoraa-mazonica, Laurus Nobilis, Cymbopogon martinii, Melaleuca alternifolia, Eucalyptus citriodora. Ces huiles ont été utilisées d'abord en mélanges (voir le détail des trois mélanges, constitués chacun de trois de ces HE, sur le site de l'ADAGE [http://www. Adage 35.org/aromatherapie](http://www.Adage35.org/aromatherapie)) avant d'être utilisées en pur, mais successivement.

Le GAB 56 a fait de sessais d'injection d'huiles essentielles en intra-mammaire mais avec des résultats moyens: les huiles ont tendance à être inhibées par les corps gras du lait, et pourraient aussi poser des problèmes de résidus.

II.4.3. Le trèfle hybride et le lotier corniculé, mieux adaptés que le trèfle blanc aux sols limoneux avec alternance de phases de sécheresse et d'hydromorphie.

Si cette donnée est connue, on en savait peu sur la capacité de ces espèces à fixer l'azote de l'air et contribuer ainsi à l'alimentation azotée de la prairie. Des chercheurs ont montré que la part d'azote du trèfle hybride ou du lotier issu de la fixation symbiotique peut atteindre 60 à 70% dans des sols limoneux. Le trèfle hybride est mieux adapté que le lotier corniculé dans les limons argileux, mais demande (comme les autres légumineuses) une disponibilité suffisante en phosphore, ainsi qu'en potassium. Pour mémoire, la part d'azote issu de la fixation peut atteindre 92% pour le trèfle blanc en situation agronomique optimale. Néanmoins le taux de trèfle blanc dans une prairie peut varier de 25% dans un contexte alternant sol séchant et hydromorphie à 45% dans un sol sain bien arrosé : l'apport d'azote par les légumineuses à la prairie varie alors du simple au double (120 à 267 kg/ha).

J.Fustec, F.Bernard, G.Corre-Hellou, Fourrages (2010) 204, 247-253.

II.4.4. Maintenir une bonne alimentation phospho- potassique sur les prairies permanentes.

C'est la conclusion d'une étude menée en Moselle sur 56 parcelles de prairies permanentes. "Lavégétation d'une prairie est très liée aux conditions du milieu. L'augmentation du niveau de fertilité en phosphore et potasse se traduit généralement par un accroissement de la production d'espèces de bonne qualité fourragère, sauf en cas de fort déséquilibre. Un excès de P par rapport à K entraîne par fois le développement important des pâturins au détriment d'espèces comme le ray-gras anglais. Enfin P et K agissent sur la physiologie des espèces: un bon niveau de fertilité en K améliore ainsi la tolérance à la sécheresse du trèfle blanc."

M.Lamy, Fourrages (2010) 204, 283-287.

II.4.5 La production laitière de la Nouvelle-Zélande face à l'environnement.

3% de la production mondiale laitière, mais 37% des échanges internationaux, c'est le paradoxe de la Nouvelle-Zélande qui aimerait bien augmenter encore sa production. Mais cet essor sera ralenti par la réglementation environnementale, analyse l'Institut de l'élevage. Certes la production laitière est basée sur le pâturage, mais elle a recours à l'irrigation et à la fertilisation minérale. En outre l'utilisation d'ensilage de maïs et de concentrés se développe.

Résultat: la concentration des nitrates augmente et certains lacs s'eutrophisent. Et les coûts de production du lait sont passés de 150 euros par tonneil y a sept ans et 220-230 euros par tonne en 2009. Si on ajoute à cela l'engagement de la Nouvelle-Zélande de réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 25% (la moitié de ces émissions sont dégagées par l'élevage), "les 3% de croissance annuelle envisagés par la filière laitière pour les dix prochaines années risquent d'être difficilement réalisables

Conclusion générale

Dans notre étude, nous avons évoqués les mammites de la vache laitière présentent vraiment un problème majeur dans l'élevage bovin laitier.

Les bactéries les plus communes qui causent les mammites sont le *Streptococcus agalactiae* et le *Staphylococcus aureus* qui sont des bactéries communes dans le pis et à sa surface.

D'autres micro-organismes peuvent aussi provoquer des mammites; ce sont non seulement des bactéries (*Streptococcus uberis* et *Streptococcus dysgalactiae*) mais aussi des levures et des mycoplasmes qui se trouvent dans l'environnement de la vache.

La réponse inflammatoire à une infection provoque une augmentation du nombre de cellules somatiques dans le lait. Un nombre de cellules somatiques qui approche 500.000 dans le lait mélangé indique la présence de mammites sub cliniques parmi les vaches du troupeau.

Un comptage de 1.500.000 cellules par millilitre indique que la moitié des glandes mammaires (quartiers) sont infectées et que plus au moins 30 % du lait est perdu.

L'infusion d'une plante dans de l'huile permet d'extraire les principes actifs solubles dans l'huile, Les huiles élaborées à chaud sont portées à faible ébullition, tandis que celles élaborées à froid sont chauffées naturellement par le soleil.

Les huiles médicinales ne doivent pas être confondues avec les huiles essentielles, constituants naturels des plantes qui ont des propriétés médicinales propres et un arôme distinct Ces dernières peuvent être ajoutées aux huiles médicinales pour renforcer leur efficacité thérapeutique.

Enfin, la prévention des mammites est un effort à long terme qui n'apportent des résultats positifs que si on est persistant.

Bibliographies du chapitre I

- (1).** Barone, R., (1978) - Anatomie comparée des mammifères domestiques.
Tome troisième. Ed : Vigot frère, Lyon.
- (2).** Isabelle, C., Jean- Marie, P., (2003) - La conduite du troupeau laitière. Ed : France agricole.
- (3).** Christian, M., Jean- Pierre, D., (1999) - Elevage de la vache laitière en zone tropicale.
Ed : CIRAD.
- (4).** Jean- Blain, C., (2002) – Introduction à la nutrition des animaux domestique.
Ed : Technique et documentation.
- (5).** Soltner, D., (2001) – La reproduction des animaux d'élevage.
3^{ième} édition. Ed : Sciences et techniques agricoles.
- (6).** Gourreau, J-M., (1995) – Accidents et maladies du trayon. Ed : Franc agricole.
- (7).** Charon, G., (1986) – Les productions laitières. Volume1 : les bases de la production.
Ed : technique et documentation.
- (8).** Nouzha, H., (2003) – Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en médecine vétérinaire.
- (9).** Jacques, M., (1998) – Initiation à la physicochimie du lait. Ed : Technique et documentation.
- (10).** Pierre- P, G., (1969) – Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie.
Tome XVI. Ed : libraires de l'académie de médecine- paris.
- (11).** Vaissaire, J-P., (1977) – Séxualité et reproduction des mammifères domestiques et de laboratoire. Ed : Maloine S.A.
- (12).** Francis, S., (1997) – Le tarissement des vaches laitières. Ed : France agricole.
- (13).** Amine, A., Jérôm, B., Christinem, B., and all., (2000) – Herbivores.
Ed: synthèse agricole. ISBN.
- (14).** Guerin-Fauflee, V., Carret, G., (1999) - L'antibiogramme : principe, méthodologie, intérêt et limites. Journées nationales. GTV. INRA.
- (15).** Francis, S., (1995) – Les mammites des vaches laitières.
- (16).** Charron, G., (1988) – Les productions laitières. Volume 2 : conduite technique et économique du troupeau. Ed : technique et documentation.
- (17).** Weison, J-P., (1974) – La prophylaxie des mammites. Ed : Vigot frères, Paris.
- (18).** Institut de l'élevage. (2000) - Maladies des bovins. Ed : France agricole.

- (19). Harold E, A., David P, A., Sirjames, A., and all., (2002) – Le manuel vétérinaire MERCK . 2^{ième} édition française. Ed: Susan E. Aiello, B.S; D.V.M; E.L.S.
- (20). Ganiere, J-P., Andre – Fontaine, G., Larat, M., (1993) – Cinétique de bactéricide in vitro d'une association antibiotique en solution dans le lait. Ed : Red. Méd. Vét.
- (21). Camille, C., Michel, T., (1973) – La vache laitière Tome V. Ed: Vigot frères, Paris.
- (22). Pierre, L., (2000) - Le producteur de lait québécois. Ed : CBUC.
- (23). Jean, D., (1995) – Soigner la mammite sans antibiotiques. Ed : Ecological Agriculture projects.
- (24). Jean- Yves, P., (2004) – Gestion de la santé du pis :le point de vue d'un médecin vétérinaire praticien. Ed : CRAAQ
- (25). Blood, D.C., Henderson, J-A., (1963) – Médecine vétérinaire. 2^{ième} édition française d'après la 4^{ième} édition anglaise. Ed : Bailliere, Tindalle et Cassell LTD, London.
- (26). Martial, V., (1974) – Médecine et chirurgie des bovins 1^{ière} édition 1970. Ed : vigot frères, Paris.
- (27). Fontaine, M., Cadoré, V.L., (1995) – Vade – Mecum du vétérinaire. 6^{ième} édition. Ed : Vigot.
- (28). Carole, D., Hubert, G., (1998) – Santé animale : bovins, ovins, caprins. Ed : Educagri.
- (29). Garland, G.A., (1996) - Comprendre le fonctionnement des machines à traire. Ed : Ontario.
- (30). Bernard, T., (1996) - De la mamelle aux mammites : A le point de l'élevage bovin.
- (31). Pière, G., (1997) – Les mammites de la vache laitière.
- (32). Céline, S., Julie, B., (2000) – Immunologie de la glande mammaire et mammite.
- (33). Paul, M., (1972) – Les maladies animales leur incidence sur l'économie agricole. Ed : Service de presse.
- (34). Anonyme., (1998) - Un regard pratique sur la mammite contagieuse.
www.nm.conline.org
- (35). Jack, M., Louis-Marie, H., (1993) - Biologie de la lactation. Ed : INSERM/ INRA.
- (36). Michel, W., (2002) – Guide technique laitier : Lactation et récolte du lait.
Ed : Institut Babcock pour la recherche et le développement international du secteur laitier.
- (37). Nafa, C., Sami, T., (2006) – Médecine vétérinaire au service de la santé animale et humaine.
- (38). Gustav, R., (1979) - Examen clinique des bovins. 1^{ière} édition française. Ed : le point vétérinaire.

- (39). Hamus, O., Suchanek, B., (1991) - Variability and somatic cell counts in cow's milk as influenced by some internal and external factors. Ed: Zivocisna Vyroba.
- (40). Natzke, R.P., (1978) – Detection of mastitis. Ed: university of Florida.
- (41). Jodi, W., (2000) – Diagnostiquer la mammite. Ed : Le producteur de lait québécois.
- (42). Max, C., (1975) – Guide thérapeutique vétérinaire.
2ieme édition revue et augmentée. Ed : Librairie Maloine S.A, Paris.
- (43). Francis, S., (1985) – Interprétation des concentrations cellulaires du lait individuel de vache pour le diagnostic de l'état d'infection mammaire. Ed : Ann. Rech. Vét.
- (44). Fabre, J-M., Berthelox, X., Lebert, P., (1991) – Estimation de la fréquence des différents germes responsable d'infection mammaires dans le sud-ouest de la france.
Revue. Méd. Vét.
- (45). Mathieu, M., Guy, A., (1998) – Produire du lait biologique. 1^{ière} édition. Ed : France agricole.
- (46). Rodenburg, J., (1997) – Prévention de la mammite : contrôle de l'environnement.
Ed : Ontario.

Bibliographies du chapitre II

- (01). <http://www.fao.org>; Consulté en novembre 2015.
- (02). <http://www.pleinchamp.com>; Consulté en novembre 2015.
- (03). <http://www.agrireseau.qc.ca/bovinsboucherie/documents/TM2003charriere.pdf>; Consulté en décembre 2015.
- (04). Sales of veterinary antimicrobial agents in 26 EU/EEA countries in 2012, Fourth ESVAC report, European medicinesagency.
- (05). Usage des antibiotiques en élevage et filières viandes, H. CHARDON et H. BRUGER (12/11/2015).
- (06). <http://theconversation.com/we-need-more-than-just-new-antibiotics-to-fight-superbugs-44054>; Consulté en novembre 2015.
- (07). European Surveillance of Veterinary Antimicrobial Consumption) par l'EMA (Agence Européenne du Médicament.
- (08) <https://www.anses.fr/fr/content/loxyde-de-zinc-une-alternative-possible-aux-antibiotiques>; Consulté en décembre 2015.
- (09). Santé animale et solutions alternatives, Gilles Gromond, Editions France agricole.
- (10). L'Ylang-ylang : une plante à huile essentielle méconnue dans une filière en danger, C. Benini, JP. Danflous, JP Wathelet, P. Du Jardin, ML. Fauconnier, Biotechnologies agronomist social environment, 2010.
- (11). <http://www.web-agri.fr/conduite-elevage/sante-animale/article/les-quelques-huiles-essentielles-aux-eleveurs-1184-101414.html> ; Consulté en décembre 2015.
- (12). Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles, Alleman et al 2013.
- (13). Thèse Véronique Courderc, toxicité des huiles essentielles, Université de Toulouse.
- (14). Note sur le statut juridique du médicament vétérinaire au regard des produits à base de plantes - Anses - 25 septembre 2013.
- (15). Food Emulsions, Fourth Edition, S. Friberg, K. Larsson, J. Sjöblom, 2004.
- (16). Cours Mlle Kaci, Laboratoire Libiot Université de Lorraine.
- (17). Emulsifiants, Clyde E. Stauffer, EaganPresshandbookseries, 1-89112-702-0 ; Consulté en novembre 2015.
- (18). *Emulsion Science : Basic Principle*, Springer, 2007, ISBN 0-3873-9682-9 ; Consulté en novembre 2015.
- (19). Encyclopedic Dictionary of Polymers (2007), Springer, 978-0-387-30160-0.
- (20). Thèse Nadine Pierat, Préparation d'émulsions par inversion de phase induite par

agitation, Université Poincaré Nancy, 2010.

(21). Procédés d'émulsification - Techniques et appareillage - Classification des procédés, Martine POUX, Jean-Paul CANSELIER, 10 juin 2004 (disperseurs et homogénéisateurs).

(22). Food emulsions: principles practice and techniques, David Julian McClements, CRS press, 1999.

(23). Mise en œuvre des matières agroalimentaires 1, Paul Colonna et Guy Della Valle, Edition Lavoisier, 2006.

(24). <https://www.sfa.asso.fr/fr/documentation/livre-blanc-/page76.pdf> ; Consulté en novembre 2015.

(25). Thèse : SYSTEMES DE DELIVRANCE DES MEDICAMENTS PEU SOLUBLES DANS L'EAU PAR VOIE ORALE (2002) par Hicham SAFINE.

(26). <http://fr.scribd.com/doc/48585551/cours-emulsion-alimentaire#scribd> ; Consulté en octobre 2015.

(29). *Le triomphe des bactéries ; La fin des antibiotiques ?* ; Antoine ANDREMONT et Michel TIBON-CORNILLOT ; 2006.

(30). Antibiotics Overuse in Animal Agriculture: A Call to Action for Health Care Providers [American Journal of Public Health] Newman, Thomas B.

(31). http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-viande-vers-une-restriction-des-antibiotiques-dans-l-elevage-aux-etats-unis_12059.html ; Consulté en novembre 2015.

(32). https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/national_action_plan_for_combating_antibiotic-resistant_bacteria.pdf; Consulté en décembre 2015.

(33). *Encadrement des pratiques commerciales pouvant influencer la prescription des antibiotiques vétérinaire*; Dr Muriel DAHAN, Pierre HANOTAUX Dr François DURAND et Dr Françoise LIEBERT; mai 2013; Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt Rapport n°13014.

(34). *Les Dépenses de santé dans les élevages bovins lait de Poitou-Charentes*; Philippe ROUSSEL, Philippe DUBOI et Xavier POUQUET; octobre 2011.

(35). *Phytothérapie et aromathérapie en élevage biologique bovin : enquête auprès de 271 éleveurs de France*; Thèse de Bénédicte HIVIN; novembre 2008.

(36). *Les antibiorésistances en élevage : vers des solutions intégrées*; Bruno HERAULT; Les publications du service de la statistique et de la prospective-Centre d'étude de la prospective, Rapport n°82; septembre 2015.